

Ernährungs- und Stoffwechseluntersuchungen an
Imagines der afrikanischen Baumwollwanze
Dysdercus Fasciatus Sign. (Hemiptera, Pyrrhocor.)

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER WÜRDE EINES DOKTORS
DER PHILOSOPHIE
VORGELEGT DER PHILOSOPHISCH-NATURWISSEN-
SCHAFTLICHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT BASEL

von
ALEXIS HERZOG
aus Basel

1966

1967
VERLAG PAUL PAREY

Genehmigt von der Philosophisch Naturwissenschaftlichen Fakultät

Auf Antrag der Herren PD Dr. M. REIFF und Prof. Dr. A. PORTMANN

Basel, den 20. Dezember 1966

Prof. Dr. W. HABICHT, Dekan



Sonderdruck aus Bd. 60 (1967), H. 3, S. 351-386

Zeitschrift für angewandte Entomologie

VERLAG PAUL PAREY · 2 HAMBURG 1 · SPITALERSTRASSE 12

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der photomech. Wiedergabe, vorbehalten

© 1967 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin

Aus der Zoologischen Anstalt der Universität Basel und Forschungslaboratorium
der J. R. Geigy AG Basel

Ernährungs- und Stoffwechseluntersuchungen an Imagines der afrikanischen Baumwollwanze *Dysdercus fasciatus* Sign. (Hemiptera, Pyrrhocor.)¹

VON ALEXIS HERZOG

Mit 7 Abbildungen

1. Einleitung

Die afrikanische Baumwollwanze *Dysdercus fasciatus* Sign. gehört als Hemiptere der Familie der Pyrrhocoriden (Feuerwanzen) an. Die Baumwollwanzen erreichen in 38 Tagen als hemimetabole Insekten nach 5 Larvalhäutungen das Imaginalstadium. Die buntgefärbten Tiere richten in den Baumwollplantagen durch ihr zahlreiches Auftreten beträchtliche Schäden an.

Während über Ernährung und Stoffwechsel bei *Dysdercus fasciatus* keine Arbeiten bekannt sind, sind über Fermente und Sinnesphysiologie Publikationen erschienen (KHAN 1962, FORD 1962, MADGE 1965). Im folgenden wird versucht, das Problem der Ernährung und des Stoffwechsels unter physiologischen Gesichtspunkten zu bearbeiten. Um einen Einblick in die Dynamik des Stoffwechsels zu erhalten, werden zur partiellen Abklärung verschiedene Teilgebiete, die die Sinnesphysiologie der Antennen, die Fermentaktivität im Darmtrakt, Ernährung, Eiproduktion und vergleichende Studien über Inhaltsstoffe in verschiedenen Organen umfassen, in den Kreis der Untersuchungen einbezogen. Dabei wird methodisch ein ähnlicher Weg der Bearbeitung eingeschlagen, wie er für die in den letzten Jahren intensivierte Erforschung der hormonalen Steuerung im Imaginalstadium Eingang gefunden hat.

Zur Bearbeitung der Neurosekretion stehen drei Wege offen, ein histologischer, physiologischer und experimenteller. Die histologische Untersuchung ermöglicht unter anderem die Darstellung von Veränderungen der neurosekretorischen Zellen im Cerebrum, nicht aber die Erkennung der hormonalen Auswirkung im Körper. Die physiologische Bearbeitung läßt die Veränderungen im Stoffwechsel und die hormonale Beeinflussung von Organen im Verlauf der Versuchsperiode erkennen. Hierbei wird jedoch der Neurosekretionszyklus oft wenig beachtet, da für histologische Präparate das Tier

¹ Inaugural-Dissertation, genehmigt von der Phil.-Nat. Fakultät der Universität Basel.

geopfert werden muß, so daß der zyklische Ablauf im Adultstadium nur schwer rekonstruierbar ist. Der Weg über die experimentelle Versuchstechnik dient als Ergänzung zur physiologischen Richtung.

Durch Corpora-allatektomie konnte SLÁMA (1964) bei *Pyrrhocoris apterus* einen neuen, experimentellen Versuchstiertypus schaffen. Dieser Tiertyp ermöglicht das Studium der Ausfallerscheinungen bei totaler Ausschaltung der hormonalen Regulation.

Durch äußere, im Gegensatz zur Corpora-allatektomie harmlosere Eingriffe kann ein experimenteller Tiertyp geschaffen werden, der für die Untersuchungen partieller Ausfallerscheinungen gute Dienste leistet. Zu diesen Eingriffen ist die Antennenamputation zu zählen, die es ermöglicht, durch Ausschaltung exogen bedingter Nervenreize der Antennen, die Ausfallerscheinungen sinnesphysiologischer Richtung exakter zu analysieren. So können physiologische Untersuchungen durch experimentelle Versuche mit antennenamputierten Tieren ergänzt und kombiniert werden. In der vorliegenden Studie über Ernährung und Stoffwechsel bei Adulttieren wurde mit Hilfe der physiologischen und experimentellen Arbeitsrichtung vorgegangen.

Die vorliegende Arbeit entstand unter der Leitung von Herrn PD Dr. M. REIFF. Der Verfasser dankt recht herzlich dem verehrten Lehrer für seine wertvollen Anregungen und das Interesse, das er den Untersuchungen stets entgegenbrachte. Der Dank richtet sich auch an Herrn Dr. H. GYSIN, Direktor des Departementes Forschung Schädlingbekämpfung der Firma J. R. Geigy A.-G., der es in zuvorkommender Weise ermöglichte, im Insektarium eine Zucht zu halten und in den Laborräumen die Untersuchungen durchzuführen.

2. Methodik

2.1. Haltung der Versuchstiere

In einem durchgehend beleuchteten Klimaraum mit 27° C und 85 % relativer Luftfeuchtigkeit läßt sich die afrikanische Baumwollwanze *Dysdercus fasciatus* das ganze Jahr hindurch züchten. Eine Großzucht, die unter den angegebenen Klimabedingungen im Insektarium der J. R. Geigy A.-G. Basel gehalten wird, diente als Ausgangsmaterial für eine im gleichen Raum untergebrachte Separatzucht, die ihrerseits den größten Teil der Versuchstiere lieferte.

Die Untersuchungen wurden ausschließlich an Imagines durchgeführt, die unmittelbar nach der letzten larvalen Häutung aus der Zucht entfernt und für die verschiedenen Versuchsanforderungen in kleinen Gruppen oder paarweise gehalten wurden. Unter Versuchstiergruppe werden 12–20 Imagines entweder eines oder beider Geschlechter verstanden, die im Klimaraum in Plexiglas Käfigen gehalten werden. Die kubischen Behälter von 21 × 28 × 22 cm Größe sind mit einem Metalldeckel versehen, der innen mit Nylongaze bespannt ist. Gruppenversuche dienen vor allem für die Gewichtsbestimmungen und die Untersuchungen mit Diäten.

Die Haltung von Einzelpaaren in 1/2-l-Konfitürengläsern, deren Boden mit steriler Erde bedeckt war, wurde vor allem für die Untersuchung von sinnesphysiologischen Einflüssen und für die Kontrolle der Eiproduktion sowie für die Ermittlung der Eizahl pro Weibchen durchgeführt.

2.2. Fütterung der Versuchstiere

Es gelingt, *Dysdercus fasciatus* auf Baumwollsamens zu züchten. Der Samen wird im Verlauf von 24 Stunden im Wasser zum Quellen gebracht, anschließend im Mixer zerkleinert und als feuchtes Schrot in Kristallisierschalen vorgesetzt. Bei der Normalzucht genügt eine Futtererneuerung alle zwei Tage.

Normalbedingungen werden dann eingehalten, wenn Versuchstiergruppen im Klimaraum mit Baumwollsamens ernährt werden. Im Gegensatz zur Samenernährung wurden für die Untersuchung von verschiedenen Nahrungsbestandteilen flüssige Diäten verwendet. Die Diätbestandteile wurden im Mixer gemischt, bei 0° C aufbewahrt und in kleinen flachen Gefäßen (meistens Plastikdeckel von Tablettenröhrchen mit 2 cm Durchmesser) den Versuchstieren vorgesetzt.

2.3. Allgemeine Untersuchungsmethoden

Körpergewicht: Zur Gewichtsbestimmung wurden ganze Versuchsgruppen in einem tarierten Plastikbecher (200 ml) gebracht und auf einer Analysenwaage gewogen. Für die Gewichtsvergleiche wurden die einzelnen Meßwerte jeweils auf 10 Tiere umgerechnet.

Eiablage: Die $1,5 \times 0,8$ mm großen Eier werden in sterile Erde abgelegt. Bei Gruppenhaltung dient eine mit Erde gefüllte Petrischale, bei Einzelpaarhaltung werden die Eier in die bodenbedeckende Erdschicht deponiert. Zur Ermittlung der Eizahl wird die Erde täglich untersucht und erneuert.

Exkretion: Durch tägliches Einfügen von Filterpapierbogen in den Käfig lassen sich die darauf abgegebenen Exkremente bewerten, indem der Durchmesser der Fleckengröße maßgebend ist (1–4 mm = 1 Punkt, 5–9 mm = 4 Punkte, 10–14 mm = 6 Punkte).

2.4. Spezielle Präparationsmethoden

Speicheldrüsen: Zur Bestimmung von Fermentaktivitäten wurden von je 7–9 Tieren die Speicheldrüsen herauspräpariert, in 0,1 ml physiol. NaCl-Lösung bei Zimmertemperatur aufbewahrt und nach Zugabe von 0,5 ml Testlösung zerrieben. Die Inkubation wurde bei 30° C in 90 Minuten durchgeführt. Auf Whatman-1-Papier wurde 0,005 ml Lösung aufgetragen.

Darmhomogenat: Für die Untersuchungen über Fermentaktivitäten wurden 7–9 Darmtrakte herauspräpariert, die einzelnen Darmabschnitte separat in kleine Objektschalen gebracht und 0,1 ml physiol. NaCl-Lösung zugesetzt. Nach Zugabe von 0,5 ml wässriger Substratlösung wurden die Organteile zerrieben und bei 30° C 90 Minuten lang inkubiert. Als Substratlösungen für Carbohydrasenteste dienten 1 % Maltose-, Saccharose-, Raffinose- oder Melibioselösungen und für den Proteinasetest 1 % Gelatinelösung. Nach Filtration mittels Seitz-Bakterienfilter in der Zentrifuge (speziell der Proben des 2. und 3. Ventrikels) wurden je 0,005 ml der Reaktionsgemische auf Whatman 1-Papier oder Dünnschichtplatten aufgetragen und chromatographiert.

Haemolympe: Sie wird am lebenden Tier durch Amputation eines Beines gewonnen. Die dabei austretende Haemolympe wird in eine Mikropipette aufgenommen und 0,001 ml auf Whatman-1-Filterstreifen aufgetragen.

Fettkörper: Von einem Weibchen wird der Fettkörper möglichst vollständig herauspräpariert, in eine tarierte Objektschale gebracht und luftgetrocknet. Das Organrockengewicht wird auf einer Analysenwaage ermittelt. Anschließend werden pro mg Organ 0,025 ml Wasser zugesetzt und das Gewebe zerrieben. Je 0,005 ml Homogenat werden auf Whatman-1-Filterstreifen aufgetragen.

Ovar: Anwendung des gleichen Verfahrens wie beim Fettkörper.

2.5. Wichtigste Nachweismethoden

Die unter 2.4. erwähnten Extraktropfen auf Filterstreifen dienen als Papyrogramme für die Bestimmung der Inhaltstoffe. Nach Anfärbung wurden sie in einem Photovolt-Densitometer bei 600 und 465 μ ausgemessen.

Aminosäuren und ninhydrinpositive Stoffe: Die Extrakt- und Haemolymphtropfen auf den Streifen werden mit Ninhydrin (8 Minuten, 85° C) entwickelt.

Proteinanteile: Färbung der Extraktropfen auf Filterstreifen mit 1 % Bromphenolblau in HgCl_2 -gesättigtem Methanol (10 Minuten). Nach dem Auswaschen in fließendem Wasser erfolgt kurze Trocknung bei 85° C.

Lipidanteile: Die Papierstreifen mit den Extraktropfen werden in einer gesättigten Lösung von Sudanschwarz in 50 % Alkohol 5 Minuten gefärbt, sodann in 50 % Alkohol ausgewaschen und bei 85° C getrocknet.

Kohlenhydrate: Die Extraktropfen auf den Filterstreifen werden mit 0,3 % p-Aminohippursäure (Zusatz: 2 % Phtalsäure) und die Kieselgel-G-Platten mit einer Naphtoresorcinlösung (50 ml 0,2 % äthanolische Naphtoresorcinlösung und 1 ml konz. H_2SO_4) entwickelt.

Fermentnachweise

Amylase: Darmabschnitte und Speicheldrüsen werden zwischen Filterpapierstreifen gebracht, die mit 1 % Stärkelösung getränkt sind. Die Streifen werden zwischen 2 Glasplatten gepreßt und im Thermostat bei 30° C 1 Stunde inkubiert. Zum Nachweis der Stärkespaltung diene der Jodtest.

Glucosidasen: Chromatographie der Reaktionsgemische mit Butanol-Eisessig-Wasser 4 : 1 : 5. Prüfung der durch fermentative Spaltung freigesetzten Monosaccharide bei Kieselgel-G-Platten mit Naphtoresorcinlösung und bei Whatman-1-Papier mit p-Aminohippursäure.

Proteinase: Die Reaktionsgemische werden papierchromatographisch untersucht. Als Laufmittel dient Butanol-Eisessig-Wasser 4 : 1 : 1. Die von der Proteinase freigesetzten Aminosäuren werden mit Ninhydrin nachgewiesen.

Lipase: Lipase wird nach einer modifizierten Methode von HOFSTEE (1951) getestet. 0,5 ml Homogenat werden in 5-ml-Cuvetten gegeben. Zum Homogenat wird 3,5 ml Substratlösung gegeben, die 0,2 % Salicylsäurebutylester in 0,45 % NaCl-Lösung mit geringem Zusatz eines Dispergiermittels (Tinovetin R Geigy) enthält. Das Inkubationsgut wird in einem Zeiss-Spektralphotometer bei 300 m μ während einer Stunde alle 5 Minuten gemessen. Die Lipaseaktivität zeigt sich in einem Anstieg der Absorptionswerte, bedingt durch freigesetzte Salicylsäure.

3. Prüfung von Sinnesleistungen der Antennen

3.1. Größe und Sinneszellenzahl

Eine Möglichkeit einer rohen Einschätzung der Bedeutung antennaler Funktionen besteht im Vergleich der totalen Sinneszellenzahl. Nach MADGE (1965) besitzt *Dysdercus fasciatus* 8450 Sinneszellen. Beim Seidenspinner *Bombyx mori* sind rund 40 000 (SCHNEIDER 1965), bei *Musca domestica* 550 (LIEBERMANN 1925) und bei *Calliphora erythrocephala* 5920 (LIEBERMANN 1925) Sinneszellen auf den Antennen nachgewiesen. Daraus ist ersichtlich, daß *Dysdercus fasciatus* im Vergleich mit den angeführten Dipteren eine große Zahl und im Gegensatz zu *Bombyx* eine geringe Zahl von Sinneszellen aufweist.

Betrachtet man die relative Dichte der Sinneszellen, indem man die Sinneszellenzahl pro mm Antenne berechnet, so ergibt sich ein anderes Bild:

	Antennenlänge in mm	Sinneszellenzahl	
		total	pro mm Antenne
<i>Bombyx mori</i>	5,5	40' 000	7' 300
<i>Calliphora erythr.</i>	1,5	5' 920	3' 950
<i>Musca domestica</i>	0,8	550	690
<i>Dysdercus fasciatus</i>	10,0	8' 450	845

Im Vergleich zu *Bombyx* und *Calliphora* ist die relative Dichte der Sinneszellenzahl bei *Dysdercus* gering und liegt in der Größenordnung derjenigen von *Musca domestica*. WIESMANN (1960) schreibt nach eingehenden Untersuchungen der Stubenfliege keine besonders hochentwickelten, d. h. keine hochspezialisierten Antennenfunktionen zu. Möglicherweise liegt bei *Dysdercus* ein ähnlicher Sachverhalt vor. Dies würde bedeuten, daß die antennalen Funktionen erst im Zusammenhang mit weiteren Sinnesleistungen zur vollen Geltung kommen. In Ergänzung zu bereits vorliegenden Resultaten wurden mit Hilfe der Antennenamputation Untersuchungen durchgeführt, die über partielle oder totale Ausfallerscheinungen bei entfühlerten Baumwollwanzen Auskunft geben sollten.

3.2. Antennenfunktion

Aus Untersuchungen von MADGE (1965) geht hervor, daß *Dysdercus fasciatus* keine besondere Präferenz zu Feuchtigkeit und Temperatur aufweist. Aus diesem Grund wurden über den Feuchtigkeits- und Temperatursinn keine speziellen Versuche durchgeführt.

Feuchtigkeitssinn

Daß die Feuchtigkeit der Nahrung auch bei Ausschaltung aller andern Reize imstande ist, positive hydrotaktische Bewegungen auszulösen, wurde bei *Lucilia*, *Calliphora* und *Phormia* (Mc JNDOO 1933) nachgewiesen. Durstige Stubenfliegen vermögen in einem Flugkäfig noch 0,05 ml Wasser wahrzunehmen. Entfühlerte Fliegen sind nicht imstande, eine Feuchtigkeitsquelle

festzustellen, sondern gehen darüber hinweg, ohne sie zu beachten (WIESMANN 1960). Nach MADGE (1965) zeigen Baumwollwanzen in einem linearen Feuchtigkeitsgefälle und bei alternierendem Angebot verschieden hoher relativer Luftfeuchtigkeit ausgesprochene Neigung sowohl zu trockener wie zu feuchter Luft, aber nicht zu mittleren Feuchtigkeitsbereichen. Bilaterale Extirpation der zwei letzten Antennenglieder bewirkt Reaktion auf Feuchtigkeit, während bilaterale Extirpation des Endgliedes Reaktion auf Trockenheit hervorruft. Die *Sensilla basiconica*, die sich auf dem distalen Antennenglied finden, sind wahrscheinlich für hohe relative Luftfeuchtigkeit empfindlich und die *Sensilla trichodea* auf den zwei Endsegmenten sind Rezeptoren für niedere Feuchtigkeitsgrade.

Temperatursinn

MADGE (1965) beschreibt, daß auf den Antennen von *Dysdercus* keine Thermorezeptoren nachzuweisen sind. Die Baumwollwanzen zeigen auch keine besondere Temperaturpräferenz. In einem Temperaturgefälle von 15–38° C verteilen sie sich über die ganze Spanne, mit leichter Bevorzugung von 23–34° C. Parasitische oder synanthrope Dipteren reagieren auf geringe Temperaturdifferenzen auffallend lebhaft.

Vermutlich genügt der Baumwollwanze für das Leben in mikroklimatisch weitgehend ausgeglichenen Biotopen diese schwache Ausprägung der Temperatur- und Feuchtigkeitswahrnehmung.

3.3. Ergänzende Untersuchungen mit antennenamputierten Tieren

Frisch geschlüpften Männchen und Weibchen wurden beide Antennen an der Basis mittels Pinzettenschere abgetrennt. Die austretende Haemolymph führt zu einem Wundverschluß. Nach der Amputation verhalten sich die Tiere während mehrerer Stunden ruhig. In dieser Zeit ist trotz Amputation ein häufig auftretender Antennenputzreflex zu beobachten. Der Abstand zwischen Amputation und Versuchsbeginn betrug jeweils 12 Stunden, wobei normale Versuchsbedingungen eingehalten wurden.

Chemorezeption

Setzt man in einem großen Plastikkäfig Wanzen, die 24 Stunden gehungert haben, normales Futter vor, so wird dieses mehr oder weniger rasch angegangen. Im Gegensatz zu *Musca* reagiert *Dysdercus* normalerweise langsam auf die Futterquelle. Deshalb sollten Unterschiede zwischen entfühlerten Wanzen und Normaltieren groß sein, um eine gültige Aussage zu erhalten.

In 8 Versuchen wurden je 10 normale und entführte Wanzen angesetzt und zu verschiedenen Zeitpunkten auf der Futterquelle beobachtet:

Zeit	Anzahl Normaltiere	Entführte Tiere an Futterquelle
30 Min.	10	2
1 Std.	28	2
1½ Std.	22	6
2 Std.	22	1

Durch den Wegfall der Antennen wird die Wahrnehmung des Futters stark beeinträchtigt, aber nicht ganz ausgeschaltet, da im Vergleich zu Normal-

tieren 13 % entfühlerte Tiere am Futter registriert wurden. Demzufolge kann die Chemorezeption der Antennen für das Auffinden der Futterquelle allein nicht ausschlaggebend sein.

Nach eigenen Beobachtungen sind hungrige normale und entfühlerte Wanzen in ständiger Bewegung. Es besteht somit eine gewisse Möglichkeit, daß entfühlerte Tiere das Futter rein zufällig finden könnten. Eine mehr-tägige Beobachtung von fühlertragenden Baumwollwanzen auf jungen Baumwollpflanzen klärte das Problem des Verhaltens auf Nahrungsquellen. Dabei zeigte sich, daß *Dysdercus* nur Blattnerven ansticht. Durch mehr-maliges Betupfen des Blattepithels mit der Rüsselspitze wird ein Blattnerv eruiert. Nach kurzer Pause erfolgt dann der Einstich. Die Tatsache, daß das Labium und nicht die Antennen Blattnerven vom übrigen Blatteil unterscheiden kann, führt zur Annahme, daß das Labium Sinneszellen für Chemorezeption besitzen muß. Die Leistung der labialen Kontaktchemorezeption ist wahrscheinlich ausschlaggebend für die in den Versuchen festgestellte schwache Frequentierung der Futterquellen bei entfühlerten Wanzen. Bei normalen Tieren ergänzen sich die chemischen Sinnesfunktionen von Antennen und Labium zu einer einheitlichen Leistung, die Nahrungssuche und Futteraufnahme steuern.

Kopula

Beobachtungen an gemischtgeschlechtlichen Populationen über das Verhalten vor der Kopulation ergaben, daß das Vorhandensein eines auf Distanz wirkenden Sexualduftstoffes sehr unwahrscheinlich ist, da *Dysdercus* meistens in Ansammlungen vieler Individuen anzutreffen ist. Demgegenüber ist das Vorkommen geschlechtsspezifischer Duftkomponenten, die erst nach engerer Kontaktnahme erkannt werden, nicht auszuschließen, obwohl diesbezüglich keine genauen Nachweise vorliegen. Nach Antennenamputation bei Männchen ist das Auffinden der Weibchen erschwert. In zwei Versuchen mit Gruppen von je 10 entfühlerten Männchen und 10 normalen Weibchen wurde im Verlauf von 5 Tagen die Kopulationshäufigkeit gegenüber gleichen Gruppen mit normalen Männchen ermittelt und folgende Werte wurden erhalten:

	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag
normale Männchen in Kop.	0	5	10	3	0
entfühlerte Männchen in Kop.	0	1	7	5	2

Aus dem Resultat geht hervor, daß zwischen Abtasten mit Antennen und Kopulieren ein Zusammenhang besteht. Beim fühlertragenden Tier zeigt sich dies als eine stets gleichmäßig ablaufende Reaktionsfolge. Dieser Reaktionsablauf ist beim fühlertlosen Männchen gestört, so daß die Zeitspanne vergrößert und die Kopulationshäufigkeit vermindert wird. Die Untersuchungen zeigen, daß trotz Amputation keine totalen Ausfallerscheinungen auftreten. Es wird somit eine ähnliche Situation einer Kombinationsleistung wie bei der Nahrungssuche angetroffen. Welche Faktoren neben der Chemorezeption mitbeteiligt sind, ist nicht genau bekannt. Möglicherweise haben taktile, akustische oder optische Reize Anteil am Gesamtvorgang.

4. Prüfung der Fermentleistung im Verdauungssystem

Je größer die Varietät der Verdauungsfermente bei einer Spezies ist, desto größer wird die Möglichkeit, verschiedene Futterquellen auszuwerten. In diesem Zusammenhang scheint die Frage interessant, ob *Dysdercus* Proteine, Lipide und Kohlenhydrate, die der Baumwollsaamen enthält, mit Hilfe der Fermente aufschließen kann. Aus diesem Grunde wurde der Fermentgehalt der Speicheldrüsen und der einzelnen Darmabschnitte anhand von Inkubationsversuchen mit Organhomogenaten untersucht.

4.1. Fermente der Speicheldrüsen

BAPTIST (1942) fand, daß bei den Heteropteren das Wirkungsspektrum der Speicheldrüsenfermente der jeweiligen Lebensweise angepaßt ist. So enthalten carnivore Heteropteren nur Proteasen und Lipasen, während phytophage Heteropteren nur kohlenhydratspaltende Fermente besitzen.

Aus eigenen Untersuchungen sind auf Grund der unter 2.5. angegebenen Testmethoden folgende qualitative Aussagen möglich: In Übereinstimmung mit KHAN (1962) wurde bei Verwendung von Maltose-, Saccharose-, Melibiose- und Stärkelösung als Substrat eine deutliche α -Glucosidase- und Amylasewirkung festgestellt. Lipaseaktivität ist fraglich, da der Speicheldrüsenextrakt nur eine schwache Spaltung des Salizylsäurebutylesters ergab. Negative Ergebnisse wurden bei Inkubation von Gelatine- oder Raffinoselösung mit Speicheldrüsenhomogenaten erhalten. Es fehlen also im Speichel von *Dysdercus fasciatus* Proteinase und α -Galaktosidase. Eine zusammenfassende Übersicht über die Fermentleistungen erfolgt im Abschnitt 4.4.

4.2. Der Darmtrakt

a. Gliederung in Ventrikel

WIGGLESWORTH (1950) klassifiziert die Verdauungssysteme der Insekten in 8 anatomische Haupttypen, wobei der lange und unterteilte Darm der Heteroptera im Vergleich zu andern Insektenarten auffällt. KHAN (1962) gliedert den Darm von *Dysdercus* in 4 Ventrikel, wobei der 4. Ventrikel die Verbindung zwischen 3. Ventrikel und Rectalampulle bildet. Ob ein so dünner und kurzer Darmabschnitt nennenswerte Resorbierfähigkeit besitzen kann, scheint fraglich. Dies um so mehr, weil das Verbindungsstück zwischen 2. und 3. Ventrikel dieselbe Beschaffenheit aufweist, ohne daß KHAN dieses Stück als Ventrikel bezeichnet. Wie aus Abbildung 1 ersichtlich ist, genügt es, den Darm in 3 Ventrikel einzuteilen: den großen, vorderen als 1. Ventrikel, den anschließend langen dünnen als 2. und den kugeligen, hinteren als 3. Ventrikel. Im folgenden wird die vorgeschlagene Einteilung in 3 Ventrikel verwendet.

b. Darmlänge

DAY und WATERHOUSE (1953) postulieren, daß die Darmlänge bei steigendem Proteingehalt der Nahrung kürzer wird. IMMS (1942) fand, daß vor allem pflanzensaugende Insekten einen längeren Darm besitzen als kauende.

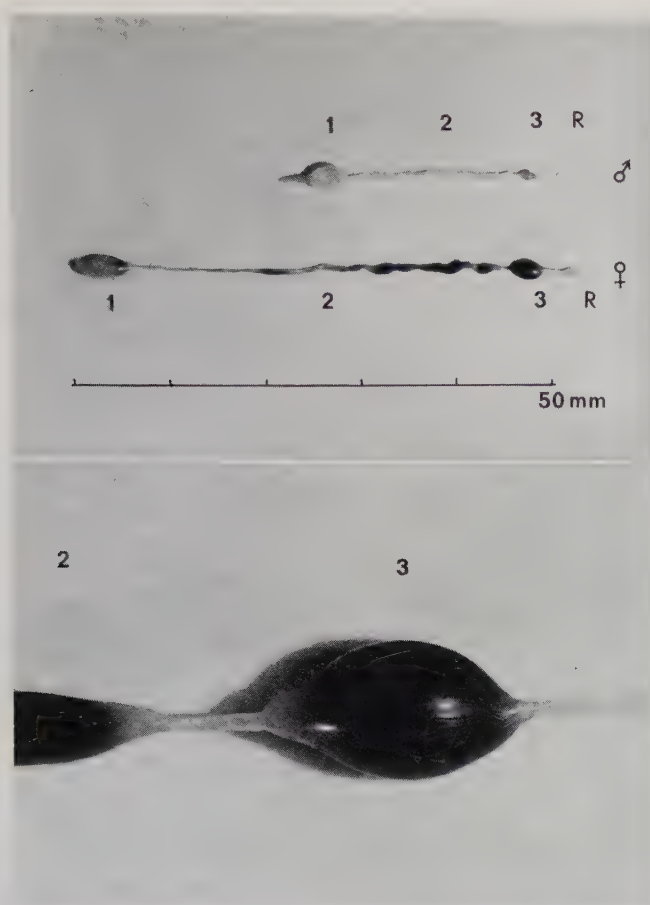


Abb. 1. Darmtrakt von *Dysdercus* – Oben: Geschlechtsspezifischer Unterschied der Darmlänge und Aufteilung in 1. bis 3. Ventrikel und Rectalampulle – Unten: Detailaufnahme 3. Ventrikel

Diese Sachverhalte wurden anhand von Sektionen bei *Dysdercus* und anderen Insektenarten geprüft, wobei sich folgende Resultate ergaben:

		Körperlänge mm	Darmlänge mm	Relation Kö. 1. / Da. 1.
<i>Locusta migratoria</i>	♂	46	46	1 : 1
	♀	49	49	1 : 1
<i>Blatella germanica</i>	♂	12	14	1 : 1,2
	♀	13	19	1 : 1,5
<i>Dysdercus fasciatus</i>	♂	12	30	1 : 2,5
	♀	14	53	1 : 3,8

Dysdercus weist als Pflanzensauger die größte Darmlänge auf, was die Feststellung von Imms bestätigt. Günstige Voraussetzungen für eine bessere Nahrungsauswertung werden durch einen in Beziehung auf die Körpergröße

langen Darm geschaffen. Diese Feststellung gilt sicher für den Vergleich von *Blattella* und *Locusta*, die beide dem kauenden Insektentypus angehören. *Locusta* weist mit seinem in beiden Geschlechtern kurzen Darm eine schlechte Nahrungsauswertung auf. Daß *Blattella* als Allesfresser die Nahrung besser auswerten kann als *Locusta*, steht außer Zweifel. Möglicherweise ist dieser Sachverhalt bei *Locusta* auf die herbivore Spezialisierung zurückzuführen.

Dysdercus als phytophages Insekt ernährt sich von Pflanzensaft, der für die Erhaltung des Gesamtstoffwechsels wegen der geringen Konzentration der Inhaltsstoffe in größeren Mengen aufgenommen werden muß, so daß ein Vergleich mit *Blattella* nur unter Vorbehalten gezogen werden darf. Die Tatsache ist interessant, daß bei *Dysdercus* die geschlechtlichen Unterschiede in der Darmlänge größer sind als bei *Blattella*.

c. Symbionten

Aus eigenen Beobachtungen geht hervor, daß der 2. und 3. Ventrikel bei *Dysdercus fasciatus* Symbionten enthalten, die sich im Darmlumen befinden. Am Darm sind keine besonderen Anhänge, die der Endosymbiose dienen, zu beobachten. Nach BUCHNER (1953) verlangen die Pyrrhocoriden eine besondere Behandlung, da die Endosymbiose hier gut in ihren verschiedenen Formen verfolgt werden kann. Auffällige Bakterienwohnstätten gehen dieser Familie, in der die tierische Kost offenbar noch eine sehr wesentliche Rolle spielt, ab. *Pyrrhocoris apterus* besitzt zwar im weiblichen Geschlecht am Ende des Mitteldarmes einige kleine, hinsichtlich Zahl und Größe sehr variable Ausstülpungen, wie sie sonst niemals bei Heteropteren ohne Symbionten vorkommen.

Dagegen ist das Lumen des ersten, magenartigen Mitteldarmabschnittes stets von einer Unzahl Symbionten besiedelt, welche immer von gleicher Gestalt sind. Bald liegen sie in großen Ballen zusammen, bald durchsetzen sie den Speisebrei allseitig. Bei *Dysdercus suturellus* fand GLASGOW (1914) ebenfalls nur im weiblichen Geschlecht beiderseits am Darm an gleicher Stelle wesentlich besser entwickelte nach vorne zu immer kleiner werdende, diesmal bakterienbesiedelte Blindsäcke.

4.3. Fermente in den einzelnen Darmabschnitten

a. Proteasen

SAXENA (1955) fand im Mitteldarm von *Dysdercus koenigii* einen pH-Wert, der von 4,6–6,8 reichte und im Enddarm einen pH-Bereich von 6,0–6,8. Messungen mit Spezial-Indikatorpapieren ergaben bei *Dysdercus fasciatus* bei beiden Geschlechtern im 1. und 2. Ventrikel Werte von pH 6,8–7,0, während beim 3. Ventrikel pH-Werte um 6,4 ermittelt wurden. Dieser pH-Bereich des Darmtraktes ist für die Proteaseaktivität wichtig, da Proteasen bei Insekten im neutralen oder alkalischen Bereich ihre optimale Aktivität entfalten (HOUSE 1965).

Bei *Dysdercus fasciatus* sind nach FORD (1962) im Darmtrakt keine Proteasen vorhanden. Eine Nachprüfung der Verhältnisse mit Darmhomogenaten in 1 % Gelatinelösung und anschließender Chromatographie der freier werdenden Aminosäuren zeigten im 1. Ventrikel ein negatives Resultat und

im 2. und 3. Ventrikel positive Ergebnisse. Diese Proteaseaktivität ist sehr wahrscheinlich den im 2. und 3. Ventrikel vorhandenen Symbionten zuzuschreiben.

In den Exkrementen war mit Bromphenolblau keine positive Proteinreaktion nachweisbar. Da wässriger Samenextrakt deutliche Bromphenolblaureaktion ergab, darf auch von diesem Befund aus auf die Wirkung von Proteasen geschlossen werden.

b. Lipasen

Lipasen entfalten ihre höchste Aktivität in pH-Bereichen von 7,0–8,0. *Musca domestica* besitzt ein Lipasesystem, welches eine Reihe von einfachen Triglyceriden hydrolysiert, wobei Tributyrin und Triacetin am besten angegriffen werden. Die optimale Fermentaktivität liegt zwischen pH 7,6 und 8,0 (BAKER und PARETSKY 1958). Im Darm von *Tribolium castaneum* wurde eine Esterase gefunden, die Äthylacetat spaltet (KRISHNA und SAXENA 1962). *Dysdercus fasciatus* besitzt nach FORD (1962) im Darmtrakt eine Lipase, wobei nicht hervorgeht, ob sich die Fermentaktivität auf einzelne Abschnitte beschränkt oder sich auf den ganzen Darmtrakt bezieht. Eigene Untersuchungen mit Hilfe der Inkubation von Salizylsäurebutylester mit Darmhomogenat ergaben, daß der 1. Ventrikel deutliche Esteraseaktivität zeigte, vom 2. und 3. Ventrikel hingegen keine Reaktion ausging, die mit dem photometrischen Verfahren erfaßt werden konnte. Der Fettnachweis mit Sudanschwarz auf Glyceride war in den Exkrementen negativ, obwohl im wässrigen Extrakt von Baumwollsamensamen der emulgierte Fettanteil deutliche Reaktion ergab.

c. Carbohydrasen

In der Literatur sind die kohlenhydratspaltenden Fermente bei Insekten am häufigsten beschrieben. Die Spaltung aller Di- und Trisaccharide sowie der Glucoside wird durch fünf Enzyme ermöglicht: α -Glucosidase, β -Glucosidase, α -Galaktosidase, β -Galaktosidase und β -h-Fructosidase.

FORD (1962) beschreibt im Darmtrakt von *Dysdercus fasciatus* eine α -Glucosidase, β -Glucosidase und α -Galaktosidase. Die Behauptung von SAXENA (1958), daß *Dysdercus koenigii* in den verschiedenen Ventrikeln verschiedene Zucker resorbieren kann, scheint eher fraglich. Das Carbohydrasenspektrum, sowohl der Speicheldrüsen als auch des 1. Ventrikels, der eine weit größere Fermentaktivität als die folgenden Abschnitte aufweist, läßt eher den Schluß zu, daß der Großteil der in der Nahrung enthaltenen Kohlenhydrate vom Speichel und von Fermenten des 1. Ventrikels gespalten und noch im 1. Ventrikel rasch resorbiert wird.

Diese Annahme steht im Einklang mit eigenen Untersuchungsergebnissen und denen von SAXENA, da eine im Darmtrakt gefundene Carbohydrase immer im 1. Ventrikel anwesend ist, während sie im 2. oder 3. Ventrikel fehlen kann. Ein weiteres Argument für die rasche Resorption der Spaltprodukte im 1. Ventrikel liefert die Beobachtung, daß in der Haemolymph einige Stunden nach Futteraufnahme keine Kohlenhydrate nachweisbar sind. Bei fraktionierter Zuckerverdauung müßten sie über eine längere Zeitspanne im Blut gut nachzuweisen sein.

Da bei *Dysdercus* der chromatographische Nachweis der Kohlenhydrate

in den Exkrementen stets negativ war, wird der restliche Teil der Kohlenhydrate, die den 1. Ventrikel unverdaut passieren, im 2. und 3. Ventrikel zerlegt und resorbiert. Von den 5 oben zitierten Enzymtypen wurden durch Inkubation von Darmhomogenaten eine α -Glucosidase, α -Galaktosidase und polysaccharidsplattende Amylase nachgewiesen. In Übereinstimmung mit FORD (1962) wurde keine β -Galaktosidase gefunden.

4.4. Überblick über nachgewiesene Fermentsysteme

In Tabelle 1 sind die einzelnen beschriebenen Fermentleistungen in ihrer relativen Stärke zusammenfassend dargestellt. Die Resultate gelten für beide Geschlechter.

Tabelle 1

Geprüfte Fermentsysteme in Speicheldrüsen und Darmtrakt. Angabe der relativen Stärke in den Nachweisreaktionen

Fermente	Speicheldrüse	1. Ventrikel	2. Ventrikel	3. Ventrikel
Amylase	++	++	+	+
α -Glucosidase	++	++	+	+
α -Galaktosidase	—	+	+	+
Proteinase	—	—	+	+
Lipase	(+)	++	—	—
++ = gute + = nachweisbare — = nicht nachweisbare Reaktion				

Mit diesem Spektrum der Enzymqualitäten ist *Dysdercus fasciatus* in der Lage, verschiedene Verbindungen in allen großen Stoffklassen anzugreifen. Damit wurde auch eine Ausgangslage geschaffen, die es erlaubte, Ernährungsstudien auf Grund definierter Diäten zu planen.

5. Ernährungsuntersuchungen

In der Natur ernährt sich *Dysdercus fasciatus* von Baumwollpflanzen. Auf Blättern wird vor allem der in den Blattnerven enthaltene Phloemsaft und beim Aufenthalt an den Kapseln Zellsaft und später Sameninhalt aufgenommen.

Unter Laborbedingungen ist es nicht möglich, ältere Baumwollpflanzen zu halten, so daß als Ersatz dafür gequollene Samen zur Ernährung dienen und auf diese Art eine kontinuierliche Zucht von *Dysdercus fasciatus* durchgeführt werden kann. Die Fütterung mit dem vorbereiteten Baumwollsamensamenmaterial (Cf. S. 353) wird als Standardernährung bezeichnet.

Bei Ernährungsstudien stellt sich allgemein die Frage, welche Inhaltsstoffe des Nahrungsgutes für die Vitalfunktionen eines Organismus, welche Energiehaushalt, Wachstum und Zellersatz umfassen, maßgebend sind. In den folgenden Abschnitten wird versucht, auf Grund der Ergebnisse aus umfangreichen Untersuchungen mit definierten Diäten, einige wesentliche Merkmale des Stoffwechselgeschehens bei Imagines von *Dysdercus fasciatus* zu zeigen. Die Beurteilung stützt sich wesentlich auf Gewichtsverlauf, Eiproduktion und Stoffverteilung im Körper.

5.1. Gewichtsverlauf bei Standardernährung

Eine zuverlässige Information über Wirkung oder Qualität der Nahrung erhält man durch Bestimmung des Gewichts. Um die Wirkungen der Baumwollsamenernährung auf das Körpergewicht im Verlauf des Adultstadiums genauer zu ermitteln, wurden die Gewichtskurven der Versuchstiergruppen anhand täglicher Wägungen festgehalten. Das Resultat aus den Untersuchungen mit Versuchstiergruppen, die unter Standardbedingungen ernährt und gehalten wurden, erfüllt den Zweck, eine Standardkurve des Gewichtsverlaufs innerhalb der ersten 12 Adulttage zu erhalten. Durch Verfeinerung

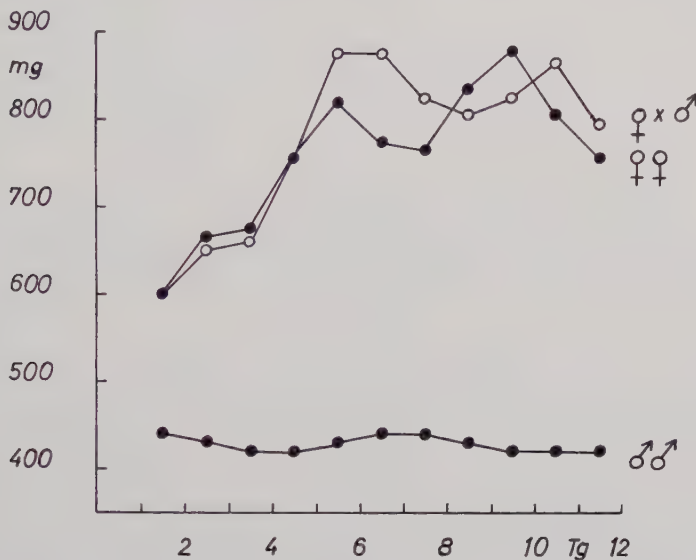


Abb. 2. Gewichtsverlauf von Männchen, Virgines und kopulierten Weibchen innerhalb 12 Tagen bei Standardernährung

der Versuchsmethode wurde zusätzlich eine Schätzung der Nahrungsaufnahme, des Gewichtszuwachses und der Retention ermöglicht, indem nur alle 2 Tage gefüttert wurde. Damit ließen sich geschlechtsbedingte, charakteristische Gewichtsschwankungen bei Adulttieren ermitteln. Die Untersuchungsergebnisse, die in Abbildung 2 in Kurven dargestellt sind, wurden aus je 2 Gruppenversuchen à 10 Tiere ermittelt, wobei zu beachten ist, daß die Kurvenpunkte Durchschnittswerte jeweils zweier sich folgender Tage (1. und 2. Tag; 2. und 3. Tag; usw.) umfassen. Die Startgewichte der Weibchen sind auf 620 mg und die der Männchen auf 440 mg angeglichen.

Aus dem Vergleich des Gewichtsverlaufes bei Männchen, Virgines und begatteten Weibchen ist eine Differenzierung des Charakters der Normalkurve möglich.

Bei männlichen Tieren weist die Gewichtskurve einen gradlinigen Verlauf auf, da der später einsetzende Reproduktionsstoffwechsel den Gesamtstoffwechsel nicht stark belastet und somit im Verlauf der Adultphase keine erhöhte Futtermittelaufnahme notwendig wird. Im Gegensatz zu den Männchen belastet die Ovaentwicklung den Gesamtstoffwechsel der Weibchen stark.

Die Nahrungsmenge, die von Weibchen zu verschiedenen Zeitpunkten aufgenommen wird, variiert so stark, daß im Verlauf der Adultphase zunehmende und abnehmende Tendenzen der Gewichtskurve entstehen. Bei begatteten Weibchen steigt das Körpergewicht rasch an und bleibt bis zur Eiablage am 7. Tag erhalten. Anschließend tritt wegen der Eiablagen eine Gewichtsdepression ein, die durch einen großen Gewichtszuwachs am 11. Tag kurzfristig durchbrochen wird.

Interessanterweise weichen die Kurven von Virgines und begatteten Weibchen voneinander ab. Obwohl rund 25 % der Virgines Eier legen, tritt die Gewichtsdepression schon am 5. Tag ein. Diese Gewichtsdepression dauert 2 Tage und wird wegen der mangelnden Eiablagetätigkeit aufgehoben. In der Zunahmeperiode liegen die Virginesgewichte über denen begatteter Weibchen. Auch der zweite Gewichtsabfall setzt bei Virgines früher ein.

Aus den Ergebnissen läßt sich die Frage ableiten, ob die Kopula die Nahrungsaufnahme und Retention beeinflusst. In Tabelle 2 sind die Werte aus 2 Gruppenversuchen mit Virgines und Pärchen aufgeführt.

Tabelle 2

Täglicher Gewichtsverlauf, Nahrungsaufnahme, Zuwachs und Retention bei Standardernährung. Vergleich zwischen begatteten Weibchen (Kop.) und Virgines

Tag	Futter	Gewichtsverlauf in mg		Nahrungsaufnahme aus Wägungen ermittelt		Zuwachs gefüt- terter Tiere		% Retention gefütterter Tiere	
		Kop.	Virg.	Kop.	Virg.	Kop.	Virg.	Kop.	Virg.
1-2	0	570	570	—	—	—	—	—	—
2-3	+	730	700	160	130	—	—	—	—
3-4	0	580	560	—	—	+ 10	— 10	6	neg.
4-5	+	920	890	340	330	—	—	—	—
5-6	0	820	730	—	—	+ 250	+ 170	74	52
6-7	+	920	830	100	100	—	—	—	—
7-8	0	720	700	—	—	— 100	— 30	neg.	neg.
8-9	+	890	960	170	260	—	—	—	—
9-10	0	750	770	—	—	+ 30	+ 70	18	27
10-11	+	960	840	210	70	—	—	—	—
11-12	0	620	630	—	—	— 130	— 140	neg.	neg.

Aus den Werten ist ersichtlich, daß vom 4. auf den 5. Tag die Nahrungsaufnahme und Retention am größten sind. Da Virgines zu diesem Zeitpunkt rund 25 % weniger Nahrung zu retinieren vermögen als begattete Weibchen, muß das Retentionsvermögen mit dem Einfluß der Kopula zusammenhängen. Vom 8. Tag an sind die Unterschiede der Nahrungsaufnahme und Retention zwischen Virgines und begatteten Weibchen scheinbar unbedeutend. Wenn man die Gewichtsverluste, die bei allen begatteten Weibchen durch die Eiablagen entstehen, berücksichtigt, kommt man zum Schluß, daß die effektive Nahrungsaufnahme bei begatteten Weibchen wesentlich höher liegen muß, als es in der Tabelle zum Ausdruck kommt. Diese Annahme wird durch die Beobachtung gestützt, daß die Versuchsgruppen mit je 5 begatteten Weibchen und 5 Männchen rund viermal mehr Eier legen als Versuchsgruppen mit 10 Virgines.

Auf Grund dieser Resultate konzentrierten sich die Diätuntersuchungen auf Prüfungen mit gemischtgeschlechtlichen Versuchstiergruppen, da die Ko-

pula einen wesentlichen Faktor für den optimalen Ablauf des Gesamtstoffwechsels darstellt. Die aus den Diätversuchen jeweils erhaltenen Gewichtskurven konnten dann mit den Normalkurven bei Standardernährung verglichen und beurteilt werden.

5.2. Baumwollsaamenextrakte

Anstelle der gequollenen Baumwollsaamen wurden wässrige Baumwollsaamenextrakte vorgesetzt. Ob der Gehalt der Extrakte mit den bekannten Analysenwerten der Baumwollsaamen übereinstimmt oder wesentlich abweicht, ist chemisch nicht untersucht worden.

Zur Abklärung der biologischen Wirkung wurde einer Versuchstiergruppe mit Männchen und Weibchen wässriger Extrakt (Preßsaft: 1 Teil Saamen, 4 Teile Wasser) alle 2 Tage vorgesetzt. Der bei Standardernährung charakteristische Gewichtsanstieg vom 4./5. Tag war bei Extrakternährung nicht feststellbar, sowohl begattete Weibchen als auch Virgines blieben auf den Initialgewichten des 2./3. Tages stehen und es trat keine Eiablage ein. Der Baumwollsaamenextrakt stellt demnach eine ungenügende Ernährungsgrundlage dar. Auf Grund dieser Resultate wurden neue Versuchsreihen unter Anwendung definierter Stoffgemische durchgeführt.

5.3. Halbsynthetische Diäten

Bis jetzt ist bei *Pyrrhocoriden* keine Diät bekannt, die es ermöglichen würde, auch für *Dysdercus* die für normale Entwicklung erforderlichen Nahrungsbestandteile abzuleiten.

Die Formulierungen der Diäten basieren auf Gemischen, die sich aus chemischen Substanzen und Naturprodukten zusammensetzen. Diese Gemische bilden definierte halbsynthetische Diäten und werden anschließend auszugsweise in ihrer Zusammensetzung beschrieben.

a. Kohlenhydratbasis

5 oder 10 % Saccharoselösungen, mit Zusatz von 2 oder 3 % Gelatine, $\frac{1}{2}$ % löslicher Stärke und B-Vitaminen, wurden Versuchstiergruppen vorgesetzt. Diese Formulierungen erwiesen sich als ungenügend, da die Futteraufnahme gering war und gleichzeitig eine Gewichtsabnahme resultierte.

b. Diäten mit Trockenmilch

Gegenüber den Kohlenhydratdiäten war bei Trockenmilchlösungen, mit Zusatz von verschiedenen Zuckern, Salzen und Vitaminen, die Nahrungsaufnahme deutlich besser und erreichte Werte wie bei Kontrolltieren. Trotz hoher Futteraufnahme waren Zuwachs und Retention im Verlauf des Versuches gering positiv. Ein 5 %-Zusatz von Bierhefe wirkte bei Baumwollwanzen fraßstimulierend. Da der Erhaltungsstoffwechsel nicht gestört wird, was sich in geringer Mortalität manifestiert, die Ovaentwicklung aber unterbleibt, wird die Abhängigkeit der Reproduktion von besonderen Nahrungskomponenten deutlich, die in diesen Diäten noch nicht inbegriffen sind.

c. Diäten mit Eigelb

Im Verlauf der Untersuchungen mehrten sich die Zweifel, ob wasserlösliche Bestandteile einer Diät für eine normale Ovarentwicklung bei *Dysdercus* allein genügen. Flüssige Diäten, die wasser- und fettlösliche Anteile gleichzeitig enthalten sollen, bereiten Schwierigkeiten beim Emulgieren. Alkohol und Carboxymethylcellulose schieden im Labortest wegen der geringen Wirkung nach kurzer Zeitdauer aus. Gummiarabicumlösung ist wegen der hohen Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Zuchtraum einer schnellen Zersetzung ausgesetzt. Als weiterer Nachteil wirkt sich das Nichtlösen der fettlöslichen Substanzen aus. In der Folge wurden anstelle chemischer, „biologische“ Emulsionen gesucht. Dabei fiel die Wahl auf Eigelb, in welchen die fett- und wasserlöslichen Anteile ideal vereinigt sind. Eigelb läßt sich leicht mit Wasser mischen und stellt ein hochwertiges Nahrungsmittel dar. Über die Inhaltsstoffe orientieren die folgenden Angaben (Documenta Geigy):

1 Eigelb enthält:

13 g Wasser	0,1 g Kohlenhyd.	0,03 mg Niacin	23 mg Ca
3,6 g Protein	615 IE Vitamin A	0 Vitamin C	4 mg Mg
6,2 g Fett	0,06 mg B ₁	10 mg Na	15 mg Cl
0,25 g Cholesterin	0,11 mg B ₂	23 mg K	1,5 mg Fe
		111 mg P	43 mg S

Im Fütterungsversuch wurden Eigelbdiäten sowohl an Virgines als auch an gemischten Populationen getestet. Mit Virgines läßt sich gut ein erster Vergleich ziehen, da sie bei Standardernährung zu einer geringen Eiablage befähigt sind. Die 3 Diäten, die Gruppen von 10 Virgines vorgesetzt wurden, weisen folgende Zusammensetzung auf:

Diät A	Diät B	Diät C
50 ml Wasser	50 ml Wasser	Samenextrakt
5 % Bierhefe	5 % Bierhefe	(1 Teil Samen,
12 % Glucose	2 % Raffinose	4 Teile Wasser)
2 % Raffinose	3 % Saccharose	
2 % Saccharose	1 % Stärke	1 Eigelb
1 Eigelb	0,2 % Cholesterin	
	1 Eigelb	

Diät A und C sind ungünstiger als Diät B, da die durchschnittliche aufgenommene Futtermenge bei Diät A 7,3 mg und bei Diät C 7,2 mg beträgt, während bei Diät B durchschnittlich 12,4 mg aufgenommen werden. Bei Diät B wurde ein Gelege von 14 Eiern erhalten. Die Fortsetzung der Untersuchungen stützt sich nun auf die Basis von Diät B, indem Abwandlungen im Zucker-, Protein- und Lipidgehalt sowie der Zusatz von Cholesterin und Inositol geprüft wurden (Tabelle 3).

Diese Diäten kamen im Fütterungsversuch mit Gruppen von je 5 Pärchen zur Anwendung. Um einen ersten Einblick in die Wirkung der verschiedenen Diäten zu erhalten, wurden neben der Überlebensrate die durchschnittliche Nahrungsaufnahme, der Gesamtzuwachs, die Exkretion bis zum 6. Tag und die Eizahl ermittelt. (Tabelle 4). Aus den Resultaten geht hervor, daß die Zusammensetzung der Diäten den Stoffwechsel auf sehr verschiedene Weise

Tabelle 3

Zusammensetzung halbsynthetischer Diäten auf der Basis von Eigelb

Diät	Eigelb	Eiklar	Bier- hefe g	Stärke g	Saccha- rose g	Raffi- nose g	Fruc- tose g	Inosit mg	Chole- sterin mg	Erd- nußöl ml	Wasser ml
1	1	—	2,5	0,5	1,5	1,0	—	100	100	—	50
2	1	—	2,5	0,5	1,5	1,0	—	200	0	1	50
3	1	—	2,5	0,5	1,5	1,0	—	100	100	4	50
4	1	—	2,5	0,5	1,5	1,0	—	25	100	—	50
5	1	—	2,5	0,5	1,5	1,0	—	5	100	—	50
6	1	—	2,5	0,5	7,5	1,0	1,0	25	100	—	50
7	1	1	2,5	0,5	1,5	1,0	—	25	100	—	50
8	—	1	2,5	0,5	1,5	1,0	—	25	0	—	50

Tabelle 4

Einflüsse halbsynthetischer Diäten auf Nahrungsaufnahme, Gewichtszuwachs, Exkretion und Eiproduktion innerhalb 12 Tagen

	Überlebens- rate %	Nahrungs- aufnahme mg	Zuwachs mg	Exkretion		Eizahl	Bewertung der Eizahl
				1.-3. Tag	4.-6. Tag		
1	97	48	740	51	127	122	27 %
2	99	47	560	41	211	68	15 %
3	93	88	670	35	134	14	3 %
4	98	88	350	30	188	130	29 %
5	93	60	neg.	61	145	91	20 %
6	>50	70	neg.	22	164	20	4 %
7	89	118	1300	36	232	287	64 %
8	100	172	940	42	364	42	9 %
Ko	94	206	1720	163	513	445	100 %

beeinflusst, da sowohl im Gewichtszuwachs als auch in der Eiproduktion große Schwankungen auftreten. Mit großem Abstand steht Diät 7 an erster Stelle, wobei allerdings die für Standardernährung gefundenen Werte nicht voll erreicht werden.

Um die Wirkungen auf den Stoffwechsel genauer erfassen zu können, wurden wie bei Standardernährung Gewichtsverlauf, Nahrungsaufnahme, Zuwachs und Retention im Verlauf des Versuchs ermittelt. (Tabelle 5 a, 5 b). Bei den Ergebnissen wird anschließend die Wirkung der Inhaltsstoffe der Diäten nach ihrer Zugehörigkeit zu den großen Stoffklassen beurteilt.

5.4. Bedeutung der verschiedenen Grundstoffklassen für den Stoffwechsel

Kohlenhydrate

Für die meisten Insekten sind Kohlenhydrate für die Ernährung nicht essen- tiell. Nach LIPKE und FRAENKEL (1956) kann ein Kohlenhydrat als Kohlen- stoffquelle genügen aber aus sinnesphysiologischen Gründen eine Repellent- wirkung ausüben oder in Überdosis toxisch sein.

Bei *Dysdercus* war im Gegensatz zu Dipteren, Hymenopteren und Lepi- dopteren, die sehr gut von wässrigen Zuckerlösungen leben können, bei

Tabelle 5a

Tageswerte über Gewichtsverlauf, Nahrungsaufnahme, Zuwachs und Retention bei den verschiedenen Diätgruppen (Diätzusammensetzung Tab. 3)

Tag	Gewichtsverlauf				Nahrungsaufnahme aus Wägungen ermittelt				Zuwachs gefütterter Tiere				% Retention gefütterter Tiere			
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
0	620	620	620	620	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1-2	650	610	600	580	30	— 10	— 20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2-3	600	570	540	660	—	—	—	80	— 20	— 50	— 80	—	neg.	neg.	neg.	—
3-4	740	730	700	590	140	160	160	—	—	—	—	10	—	—	—	13
4-5	680	630	630	740	—	—	—	150	80	60	90	50	57	38	56	—
5-6	770	730	680	640	90	100	50	—	50	—	—	—	—	—	—	33
6-7	730	680	600	680	—	—	—	40	—	—	—	—	56	50	neg.	—
7-8	760	700	680	600	30	20	80	—	—	—	—	— 40	—	—	—	neg.
8-9	690	710	690	770	—	—	—	170	— 40	(30)	(90)	—	neg.	—	—	—
9-10	640	710	750	710	— 50	0	60	—	—	—	—	110	—	—	—	65
10-11	660	680	850	630	—	—	—	— 80	— 30	— 30	160	—	neg.	neg.	neg.	—
11-12	640	630	570	570	— 20	— 50	— 80	—	—	—	—	— 140	—	—	—	neg.

Tabelle 5b

Tageswerte über Gewichtsverlauf, Nahrungsaufnahme, Zuwachs und Retention bei den verschiedenen Diätgruppen (Diätzusammensetzung Tab. 3)

Tag	Gewichtsverlauf				Nahrungsaufnahme aus Wägungen ermittelt				Zuwachs gefütterter Tiere				% Retention gefütterter Tiere			
	V ₅	V ₇	V ₈	V ₄	V ₅	V ₇	V ₈	V ₄	V ₅	V ₇	V ₈	V ₄	V ₅	V ₇	V ₈	V ₄
0	620	620	620	620	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1-2	580	570	590	590	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2-3	550	700	690	690	— 30	130	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3-4	500	620	590	590	—	—	—	—	— 80	50	0	—	neg.	38	0	—
4-5	580	910	670	670	—	290	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5-6	520	750	580	580	—	—	—	—	20	130	— 10	—	25	62	neg.	—
6-7	650	850	790	800	130	100	220	—	60	40	60	—	46	40	—	27
7-8	580	790	840	840	—	—	—	—	130	— 50	50	—	68	neg.	—	45
8-9	770	780	910	910	190	— 10	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9-10	710	740	690	690	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10-11	660	810	880	880	— 50	70	190	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11-12	650	600	720	720	—	—	—	—	— 60	— 140	30	—	—	—	—	—

hohen Zuckergehalten von 16 und 20 % eine Beeinträchtigung der Vitalität zu beobachten. Die Nahrungsaufnahme war z. B. bei Diät 6 mit 20 % Kohlenhydraten im Vergleich zu den übrigen Diäten sehr gering, so daß eine starke Gewichtsabnahme resultierte. Nach 6 Tagen war ein Gruppengewicht von 460 mg ermittelt worden, was aus den Erfahrungen als Minimum angesehen werden muß. Es war nicht erstaunlich, daß viele Tiere wegen Nahrungsmangels starben, so daß der Versuch vorzeitig mit über 50 % Mortalität abgebrochen werden mußte. Aus den Ergebnissen ist zu schließen, daß Kohlenhydrate in höherer Konzentration nicht geeignet sind. Die Versuche mit Virgines, z. B. Diät B, und Diät 7 mit gemischten Gruppen haben ergeben, daß Kohlenhydrate in Konzentrationen um 6 % zur Förderung des Stoffwechsels und somit zusammen mit anderen Inhaltsstoffen zu einer besseren Ausgangslage für die Eiproduktion beitragen.

Proteine

Nachdem im Kapitel Fermente gezeigt worden ist, daß *Dysdercus* in der Lage ist, Proteine im 2. und 3. Ventrikel enzymatisch zu zerlegen, ist die Frage interessant, ob die Proteine eine wichtige Rolle in der Ernährung spielen. Da im Eigelb die essentiellen Aminosäuren enthalten sind, ist die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Aminosäuren wahrscheinlich von sekundärer Bedeutung. Als Proteinquelle wird in halbsynthetischen Diäten für Insekten oft Casein verwendet. GORDON (1959) vermutet, daß Eialbumin für das Wachstum der Insekten die beste Nahrungsgrundlage darstellt. Da es Insekten gibt, die für die Eiproduktion auf proteinhaltige Nahrung angewiesen sind, wurde auch bei *Dysdercus* geprüft, ob die Eizahl durch eine Erhöhung des Proteingehaltes gesteigert werden kann.

Zur Beantwortung dieser Frage wurde in Diät 7 der Proteinanteil annähernd verdoppelt, indem zusätzlich zum Eigelb (3,6 g Protein) ein Eiklar (3,3 g Protein) gegeben wurde. Diese Diät kommt im Gewichtsverlauf dem Standardfutter am nächsten. Im Vergleich zu Diät 4 ist die Nahrungsaufnahme um ein Drittel erhöht und am Anfang die Retention deutlich besser. Da die Exkretion bei beiden Diäten mengenmäßig die gleichen Werte aufweist, müssen die Proteine in der Gesamtbilanz verbleiben. Die Tatsache ist interessant, daß eine Verdoppelung des Proteingehalts bei gleichbleibender Restdiät die Eizahl ungefähr verdoppelt. Es kann kein Zweifel bestehen, daß die verdauten und resorbierten Proteine, die im Fettkörper vorerst gespeichert werden, im gegebenen Zeitpunkt zum Ovar gelangen und die Eiproduktion wesentlich fördern.

Lipide

Insekten sind in hohem Maße befähigt, Lipide im Stoffwechsel zu verwerten und können sie nötigenfalls aus den Abbauprodukten von Proteinen und Kohlenhydraten synthetisieren. Unklar verbleibt, ob sie die ungesättigten Fettsäuren aus der Nahrung beziehen müssen.

Bei *Dysdercus* dienen als Vergleich für Lipidzusatz Diät 1 und 3, bei der 4 ml Erdnußöl zugeführt worden sind. Bei Diät 3 ist die Nahrungsaufnahme gegenüber Diät 1 um 20 % erhöht. Die Werte der Gewichtskurve aber liegen bei Diät 3 bis zum 9. Tag unter denen von Diät 1 und von diesem Zeitpunkt

an ist wegen der sehr geringen Eiablagen ein größerer Anstieg als bei Diät 1 zu beobachten.

Nach CHEFURKA (1965) läuft die Oxydation höherer Fettsäuren in bestimmten Konzentrationsbereichen ab, werden diese Limiten überschritten, sind die Oxydationsvorgänge gestört. Bei Diät 3, mit erhöhtem Lipidgehalt, scheint ein ähnlicher Sachverhalt vorzuliegen, da der Zuwachs trotz erhöhter Futteraufnahme im Vergleich zu Diät 1 um rund 10 % geringer ist. Eine Parallelerscheinung zeigt sich im Absinken der Eizahl zwischen Diät 3 und 1 bei Überangebot an Lipiden.

Möglicherweise ist ein eng begrenzter Gehalt an verfügbaren Fettsäuren für normale Eiproduktion maßgebend.

Cholesterin und Inosit

Zur Abklärung der Lipidregulation wurden im Fütterungsversuch Cholesterin, das Steigerung des Fettgehaltes anregt, und der cyclische Alkohol Inositol, der als lipotroper Stoff bekannt ist, geprüft. Versuche, die mit Gemischen beider Verbindungen in verschiedenen Konzentrationen durchgeführt wurden, zeigten für den gesamten Stoffwechsel interessante Ergebnisse. Bei Wegfall des Inosits war durchwegs nur ein Eischub vom 9. Tag an zu beobachten. 5 mg Inosit erwiesen sich, wie aus Diät 5 hervorgeht, bei einem Gehalt von 350 mg Cholesterin als ungenügend, da nur ein Eischub ermittelt worden war. Die Dosierung muß je nach Proteingehalt der Diät 25 bis 100 mg Inosit betragen. 200 mg Inosit stellen eine Überdosis dar, da Zuwachs und Eizahl abnahmen. Da durch Zugabe von Inosit die Eiablage früher eintrat und zwei getrennte Eischübe zu beobachten waren, trägt Inosit wesentlich zur Steuerung und Beschleunigung des Reaktionsablaufs des Intermediärstoffwechsels bei.

Bei Cholesterinmangel war in Diät 8 eine Steigerung der Exkretion im Vergleich zu Diät 4 um beinahe das Doppelte beobachtet worden. Obwohl der Zuwachs um rund 73 % größer war, war die Eizahl um ein Drittel reduziert. Cholesterin scheint für die Retention von Reservestoffen, die für die Oviarentwicklung notwendig sind, verantwortlich zu sein.

Bei Vertebraten kommt bei Verfütterung von rohem Hühnereiweiß eine Biotinavitaminose dadurch zustande, daß ein im Eiklar enthaltenes Protein das Biotin bindet. Der Komplex Biotin-Avidin ist biologisch unwirksam. Der Effekt des Avidin ist bisher bei Insekten nicht untersucht worden (CHEFURKA 1965). Aus den Erfahrungen mit Diät 7 geht hervor, daß die Eiproduktion trotz Avidin in keiner Weise gestört wird.

Vitamine

Bis heute konnte in Versuchen nicht eindeutig gezeigt werden, daß die Insekten die fettlöslichen Vitamine A, D, E und K benötigen. Kenntnisse über den Vitaminbedarf beschränken sich auf wasserlösliche Vitamine, besonders den B-Komplex. Bierhefe, die den ganzen B-Komplex enthält, wurde in allen Diäten als notwendiger Bestandteil verwendet und erwies sich bedeutend besser als ein separat zugesetztes Vitamingemisch mit B₁, B₂, B₆, Nikotinsäureamid und Ascorbinsäure. Aus den Resultaten kann jedoch nicht eindeutig entnommen werden, ob der Vitaminanteil entscheidend ist oder sonstige Inhaltsstoffe der Hefe im Stoffwechsel von besonderer Bedeutung sind.

6. Abhängigkeit der Eiproduktion von verschiedenen Faktoren

In verschiedenen Zusammenhängen ist bereits auf Ovarentwicklung und Ei-produktion aufmerksam gemacht worden. Daß diese Phänomene nun zusammenfassend betrachtet werden, scheint insofern gerechtfertigt, als die Ovarentwicklung am Ende einer langen Kette von Stoffwechselprozessen steht, die von Ernährung, Kopulation, diversen exogenen und endogenen Faktoren beeinflußt wird.

Um die verschiedenen Komponenten in ihrer Bedeutung erfassen zu können, wurde durch Variation der Versuchsmethoden entweder bei Standardernährung der Einfluß von sinnesphysiologischen und chemischen Faktoren oder mit normalen Tieren die Rolle von Nahrungsstoffen anhand von Diäten untersucht.

6.1. Ovaranatomie

Für alle Hemipteren sind nach WEBER (1954) telotrophische Ovarien charakteristisch. Bei *Dysdercus* sind die Ovarien mit dem Terminalfilament im vorderen ventralen Teil des Abdomens fixiert. An das Terminalfilament schließt die Nährkammer an, die im basalen Teil die primären Oocyten enthält. Eier, die in unmittelbarer Nähe der Nährkammer in Bildung begriffen sind, stehen mit dieser mittels Nährstrang in Verbindung. Die Zahl der Ovariolen ist konstant und beträgt pro Ovar 7. Beobachtungen ergaben, daß fer-



Abb. 3. Ovarentwicklung: links vor, rechts während der Reproduktionsphase. Beide Stadien bei gleicher Vergrößerung

ner die Eizahl in jeder Ovariole pro Weibchen konstant ist. Interindividuelle Variationen sind möglich, wobei 7 bis 12 Eier pro Ovariole gebildet werden können. Somit kann das Maximum an gebildeten Eiern theoretisch 100 bis 160 betragen. Ein unentwickeltes und reifes Ovar sind in Abbildung 3 dargestellt.

6.2. Eiproduktion unter normalen Bedingungen

Nach der unter 2.1. angegebenen Methode wurden unter Standardbedingungen Einzelpärchen zur Ermittlung der Kopulationsdauer und der genauen Eizahl pro Weibchen gehalten.

Normaltiere beginnen in der Regel am 2. Tag zu kopulieren, wobei der Anteil der kopulierenden Tiere 70–90 % beträgt. Die durchschnittliche Kopulationsdauer erstreckt sich über 4 bis 5 Tage. Während die Kopula auf jeden Fall spätestens 1 Stunde vor der Eiablage unterbrochen wird, kann sie fakultativ an Tagen, an denen begattete Weibchen keine Eier legen, für kurze Zeit unterbleiben.

Als Normalwerte der Eiproduktion sind zwei getrennte Eischübe am 7. und 11./12. Tag typisch, wobei die erste Ablage durchschnittlich 50 Eier umfaßt, die zweite Ablage stets geringer ist. Die Eizahlen schwanken stark, da bei der Großzucht keine Selektion für bestimmte Größe der Eiproduktion erfolgt ist. Weitere individuelle Unterschiede zeigten sich bei der Häufigkeit des 2. Geleges. Nur etwa die Hälfte der unter Normalbedingungen gehaltenen Weibchen legen zweimal. Dagegen gilt als Ausnahme, daß trotz Kopulation überhaupt keine Eier abgegeben werden.

In Tabelle 6 sind die Resultate aus 2 Gruppenversuchen mit je 10 Pärchen zusammengefaßt, wobei nur diejenigen Pärchen registriert sind, die 12 Tage überlebten. Die Ausfallrate umfaßt alle übrigen, für den Versuch nicht verwendbaren Tiere. Die Angaben beziehen sich auf die Kopulationsdauer, die durchschnittlich 5 Tage beträgt (Extremwert: 1 und 8 Tage) und die Größe der beiden Eigelege. Die große Streuung der Eizahlen pro Weibchen bedingt, daß eine Bewertung der Unterschiede von Resultaten bei Versuchen über die Beeinflussung der Eiproduktion nur bei sehr deutlichen Abweichungen gesichert durchgeführt werden kann.

6.3. Einflüsse der Antennenamputation

Bei der Prüfung der Sinnesleistungen der Antennen (Kp. 3.3.) ist festgestellt worden, daß entfühlerte Männchen wegen Ausfalls der Chemorezeption später zu kopulieren beginnen als normale Männchen. In welchem Maße der Ausfall der Antennenleistung die Eiproduktion beeinflusst, wurde anhand von Versuchsgruppen mit je 20 Tieren untersucht. Durch Variierung der Antennenamputation wurde versucht, eine geschlechtsspezifische Wirkung zu ermitteln. Während bei Versuchsreihe 2 allen Tieren die Antennen amputiert wurden, wurden in Versuchsreihe 3 und 4 je 10 gleichgeschlechtliche Tiere entfühlert (Tabelle 6). Aus den Resultaten ist ersichtlich, daß bei Versuchsreihe 2 die Ausfallrate mit 75 % am höchsten und die durchschnittliche Eizahl mit 22 Eiern am niedrigsten sind. Viermal wurde kein zweites Gelege beobachtet. Ein Vergleich zwischen Versuchsreihe 3 und 4 zeigt, daß entfühlerte Weibchen in der Eiproduktion stark beeinträchtigt werden. Wäh-

rend bei Versuchsreihe 3 von 8 Weibchen dreimal ein zweites Eigelege ermittelt wurde, war bei Versuchsreihe 4 bei praktisch gleicher Ausfallrate kein zweites Eigelege beobachtet worden.

Inwiefern die Minderung der Eiproduktion auf eine Verzögerung der Ovarentwicklung oder andere Faktoren zurückgeführt werden kann, geht aus den täglichen, durchschnittlichen Eizahlen von normalen und entfühlerten Weibchen hervor (Tabelle 7).

Tabelle 7

Einfluß der Antennenamputation (amp.) auf die tägliche durchschnittliche Eizahl im Vergleich zu Normaltieren (norm.)

Versuchsanordnung	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	11. Tag	12. Tag	Σ
amp. ♂ x amp. ♀	8	2	21	16	10	4	61
norm. ♂ x amp. ♀	0	23	35	17	52	18	145
amp. ♂ x norm. ♀	138	26	58	129	40	0	391
norm. ♂ x norm. ♀	251	73	11	41	40	113	529

Es läßt sich erkennen, daß normale Weibchen mit entfühlerten Männchen eine ähnliche Verteilung der Eischübe aufweisen wie Tiere unter Standardbedingungen. Antennenamputierte Weibchen lassen sowohl mit normalen als auch mit entfühlerten Männchen keinen besonderen Eischub erkennen, die stark verringerten Eizahlen verteilen sich ziemlich regelmäßig über den 7. bis 12. Tag.

Somit wird deutlich, daß die geringe Eiablagetätigkeit bei entfühlerten Weibchen auf einer Verlangsamung der Ovarentwicklung beruht, indem weniger Eier im Ovar gebildet werden und nur ein Eigelege abgelegt wird.

6.4. Verhinderung der Kopulation

Da Virgines ähnliche Ergebnisse wie entfühlerte Weibchen aufweisen, wurde die Frage geprüft, auf welchen Ursachen die geringe Eiablagetätigkeit bei Virgines basiert.

Nachdem festgestellt worden ist, daß Virgines ähnliche Futtermengen aufnehmen wie begattete Weibchen, ist das Ausbleiben der Eiablagen nicht auf den Mangel, sondern auf das Unvermögen zurückzuführen, die im Fettkörper gespeicherten Reservestoffe dem Ovar zuzuführen.

Nach ENGELMANN (1962) geht bei der ovoviviparen Schabe *Leucophaea maderae* von der hintern Abdominalregion beim Kopulieren eine nervöse Erregung zu den neurosekretorischen Zellen im Cerebralganglion aus. Diese Zellen sezernieren Hormone, die für die Mobilisierung der Reservestoffe verantwortlich sind. Normalerweise nimmt das Cerebralganglion in der Beeinflussung der Eiproduktion eine zentrale Stellung ein, da durch Ausschaltung der abdominalen Nervenreize die Ovarentwicklung unterbleibt.

Bei *Pyrrhocoris apterus*, einer verwandten Tierart von *Dysdercus*, bewirkte die operative Entfernung der Corpora allata eine Hemmung der Ovarentwicklung (SLÁMA 1964). Bei *Dysdercus fasciatus* wird nach vorliegenden Untersuchungen durch den Ausfall der abdominalen Nervenreize eine ähnliche Situation wie bei der Corpora-allatektomie angetroffen.

6.5. Einfluß von Apholate als Chemosterilantium

Sterilisationsstoffe, welche die Vitalität und das Verhalten der Insekten wenig beeinflussen und beide Geschlechter sterilisieren, wirken dadurch doppelt, daß sie die betroffenen Tiere selbst fortpflanzungsunfähig machen und sie gleichzeitig als Konkurrenten der noch fertilen Artgenossen auftreten lassen. Zu diesen physiologisch äußerst wirksamen Substanzen gehört Apholate, das in seiner Konstitution ein 2, 2, 4, 4, 6, 6-Hexa (1-aziridinyl)-2, 4, 6-tri-phospha-1, 3, 5-triazin darstellt. Völlige Sterilität mindestens eines Geschlechts wird bei Behandlung des Futters mit Apholate bei *Callitroga hominivorax* erreicht, wobei die Weibchen stärker betroffen werden als die Männchen (CHAMBERLAIN 1962). Obwohl Spermien behandelte Männchen bei normalen Weibchen Anlaß zur Embryonalentwicklung geben, wird sie früher oder später gestört. In Versuchen, bei denen Männchen oder Weibchen durch Tarsalkontakt mit Apholate behandelt wurden, das in Konzentrationen von 0,25 mg/cm² während 4 Stunden als Belag vorlag, wurde bei *Dysdercus fasciatus* der physiologische Effekt dieses Sterilisationsstoffes geprüft (Tabelle 8).

Tabelle 8

Summenwerte von je 2 Versuchsgruppen mit je 6 Männchen oder Weibchen innerhalb 12 Tagen nach Apholatebehandlung

Versuchsanordnung	beh. ♂ × norm. ♀		norm. ♂ × beh. ♀		norm. ♂ × norm. ♀	
Versuch	1	2	1	2	1	2
Überlebensrate	62 %	88 %	99 %	80 %	96 %	94 %
Kopulationssumme	9	19	18	18	40	44
Eizahl Summe	62	0	96	31	207	214
Embryonalentwicklung	keine	—	normal	normal	normal	normal

Weibchen, die mit behandelten Männchen kopulierten, legten wenig Eier, die keine Entwicklung aufwiesen. Obwohl am 7. Tag normalerweise die Larven schlüpfen, war zu diesem Zeitpunkt, wie aus Anfärbung der Eier mit Boraxcarmin hervorging, auch kein Beginn der Embryonalentwicklung nachweisbar. Apholate sterilisiert als Kontaktbelag *Dysdercus fasciatus* Männchen vollständig, was mit den Resultaten von MUSTAFA und NAIDU (1964) bei *Dysdercus cingulatus* gut übereinstimmt.

Ob die Männchen bei der Kopulation Apholate übertragen, muß bei dieser Versuchsanordnung dahingestellt bleiben.

Bei den Weibchen muß die Wirkung von Apholate anders als bei den Männchen ablaufen, da Eier von behandelten Weibchen eine normale Embryonalentwicklung aufweisen und die weitere Entwicklung zum Adulttier gleich lang wie bei der Kontrolle dauert. Durch die Einwirkung von Apholate nehmen Weibchen in den ersten Tagen weniger Futter auf als normale Tiere, was zur Folge hat, daß für die Eiproduktion weniger Reservestoffe zur Verfügung stehen. Interessanterweise ist bei den behandelten Tieren die Kopulabildung deutlich geringer als bei normalen Tieren. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die anfängliche Hemmung der Futteraufnahme und die geringe Neigung zur Kopulation auf einer Schädigung der normalen Cerebralfunktion beruhen.

6.6. Einfluß von Diäten

Nachdem verschiedene Einflüsse auf die Eiproduktion bei Standardernährung untersucht worden sind, wurde als weiterer Faktor die Wirkung der Nahrung selbst auf die Reproduktion geprüft.

Aus den Diätversuchen geht hervor, daß für normale Eiproduktion ein hoher Gewichtszuwachs nötig ist. Für den Zuwachs ist das Haemolymphvolumen und die Aufnahmebereitschaft des Fettkörpers maßgebend. Der Zuwachs resultiert einerseits aus Futteraufnahme und andererseits aus Retention. Die beiden Komponenten werden durch Nahrungsbestandteile, zu denen Inosit und Cholesterin gehören, maßgeblich beeinflußt (S. 370). Zudem wurde festgestellt, daß für eine optimale Eiproduktion ein hoher Zuwachs allein nicht genügt, sondern daß vielmehr noch eine hormonale Regulation notwendig ist, die für eine Substratverschiebung vom Fettkörper zum Ovar sorgt. Der Reproduktion gehen also mehrere Teilprozesse voraus, die Nahrungsaufnahme, Retention und Substratverschiebung vom Fettkörper zum Ovar umfassen.

Für befriedigende Eiproduktion erwies sich Diät 7 als günstig, da sie die Wirkung der übrigen Diäten weit übertraf. In zwei Versuchen wurden 287 und 200 Eier gezählt. Als günstig darf gewertet werden, daß die Gelege jeweils in zwei Schüben auftraten. In Versuch 1 wurden am 8./9. Tag 50 und am 12. Tag 103 Eier gezählt, während Versuch 2 am 9. Tag 50 und am 12. Tag 150 Eier ergab. Diese Eier durchliefen eine normale Entwicklung.

Die Größe der termingemäßen Eiablage sowie die normale Entwicklung der neuen Generation beweisen, daß eine halbsynthetische Diät gefunden wurde, die es künftig erlauben wird, die Einflüsse einzelner Substanzen in der Nahrung qualitativ und quantitativ auf den Ablauf der Reproduktion unter kontrollierbaren Fütterungsverhältnissen genauer zu erforschen.

7. Untersuchungen über den Wechsel von Grundstoffen im Körper

Nachdem bisher festgestellt worden ist, daß Körpergewicht und Eiproduktion durch chemische und hormonale Einflüsse charakteristische Unterschiede zwischen Virgines und begatteten Weibchen zeigten, sollten sich auch bei der Untersuchung von einzelnen Organen ähnliche Prinzipien auffinden lassen. So ist z. B. dem Fettkörper in bezug auf den Gesamtstoffwechsel eine bedeutende Rolle zuzuschreiben, da er zwei wohl definierte Funktionen aufweist, die Speicherung kleinmolekularer Anteile und Syntheseprozesse umfassen (KILBY 1963). Daher wurden Untersuchungen durchgeführt, die Aufschluß geben sollten, ob Fettkörper und Ovar im Verlauf der Adultphase bei Weibchen charakteristische Gewichtsveränderungen, bedingt durch endogene Faktoren, durchmachen. Außerdem war es von Interesse, die relativen Konzentrationsschwankungen der wichtigsten Grundstoffe wie Aminosäuren, Proteine, Lipide und Kohlenhydrate genauer zu verfolgen.

7.1. Trockengewichte von Fettkörper und Ovar

Bei *Pyrrhocoris apterus* kommt bei Exstirpation der Corpora allata eine Hypertrophie des Fettkörpers und ein Ausbleiben der Eiproduktion dadurch

zustande, daß durch den Ausfall der Neurosekrete der Stoffwechsel nicht mehr richtig gesteuert wird (SLÁMA 1964). Als Ausgangspunkt ähnlicher Untersuchungen wurden bei *Dysdercus* die Trockengewichte des Fettkörpers und des Ovars im Verlauf der Adultphase bei kopulierten Weibchen (k. ♀) und Virgines (V. ♀) verglichen, um eine eventuelle hormonale Beeinflussung der Organgewichte feststellen zu können (Tabelle 9).

Tabelle 9

Tägliche Durchschnittswerte der Trockengewichte (mg) von Fettkörper und Ovar bei kopulierten Weibchen (k. ♀) und Virgines (V. ♀)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FK V. ♀	2,2	2,5	2,3	2,2	4,9	3,6	1,6	3,6	2,7	4,4	1,6	3,5
FK k. ♀	2,2	2,3	2,7	1,8	1,9	2,9	2,0	2,5	3,0	1,5	1,5	2,7
Ov. V. ♀	1,0	0,6	1,0	1,9	4,4	3,6	26,2	26,2	5,2	9,8	4,9	2,3
Ov. k. ♀	1,0	0,5	0,8	1,4	0,7	25,1	16,0	1,2	4,4	7,8	5,1	14,7

Aus den Resultaten von über 150 Tieren geht hervor, daß der Fettkörper von k. ♀ einen dreitägigen Gewichtsrhythmus aufweist, wobei jeweils am 3. Tag das Maximum erreicht wird. Bei Wegfall der Kopula unterbleibt dieser Rhythmus. Beim Ovar von k. ♀ tritt vom 5. auf den 6. Tag ein starker Gewichtszuwachs auf, mit Maximum am 6. Tag. Nach deutlichem Abklingen wird am 12. Tag ein zweites Maximum erreicht. Bei V. ♀ setzt der Zuwachs bereits am 4. Tag ein und die Entwicklungszeit erstreckt sich bis zum 7./8. Tag, anschließend wird keine zweite Wachstumsphase mehr festgestellt.

Der deutliche Unterschied zwischen Virgines und begatteten Weibchen deutet auf eine hormonale Beeinflussung des Fettkörpers und des Ovar hin. Ob die Kopula einen auslösenden Faktor darstellt, sollte sich durch die Verteilung der Grundstoffe im Körper genauer abzeichnen.

7.2. Haemolymphe

Der Haemolymphe kommt im Gesamtstoffwechsel besondere Bedeutung zu, da sie als Transportvehikel resorbierte Nahrungsbestandteile den Organen als Aufbaustoffe zuführt. Außerdem werden Metabolite des Fettkörpers zum Ovar geleitet. Bei Insekten ist die osmoregulatorische Funktion der Haemolymphebestandteile von besonderem Interesse, da im Gegensatz zu den Vertebraten nicht vorherrschend die anorganischen Ionen, sondern Aminosäuren, organische Säuren und andere organische Verbindungen einen großen Teil der Osmoregulation übernehmen. Innerhalb der verschiedenen Insektenordnungen sind jedoch die Abweichungen in der Zusammensetzung der Osmoregulatoren beträchtlich. Es ist bekannt, daß bei phytophagen Heteropteren die Kationen Na, Mg, K und Ca sowie Chlorid als wichtigstes Anion die Osmoregulation wesentlich bestimmen, während anorganisches Phosphat und organische Verbindungen in relativ geringen Konzentrationen beteiligt sind (SUTCLIFFE 1963).

Bei Insekten gewährt die stoffliche Zusammensetzung der Haemolymphe Einblick in die hormonale Regulation. SLÁMA (1964) untersuchte bei *Pyrhocoris apterus* die Schwankungen des Proteinspiegels im Verlauf der Adultphase.

Durch Vergleich mit Corpora-allatektomierten Tieren konnte er die für Normaltiere charakteristischen Schwankungen auf die neurosekretorische Regulation zurückführen. Auf ähnliche Weise wurde bei *Dysdercus* versucht, durch tägliche, densitometrische Bestimmung von gewissen Inhaltsstoffen der

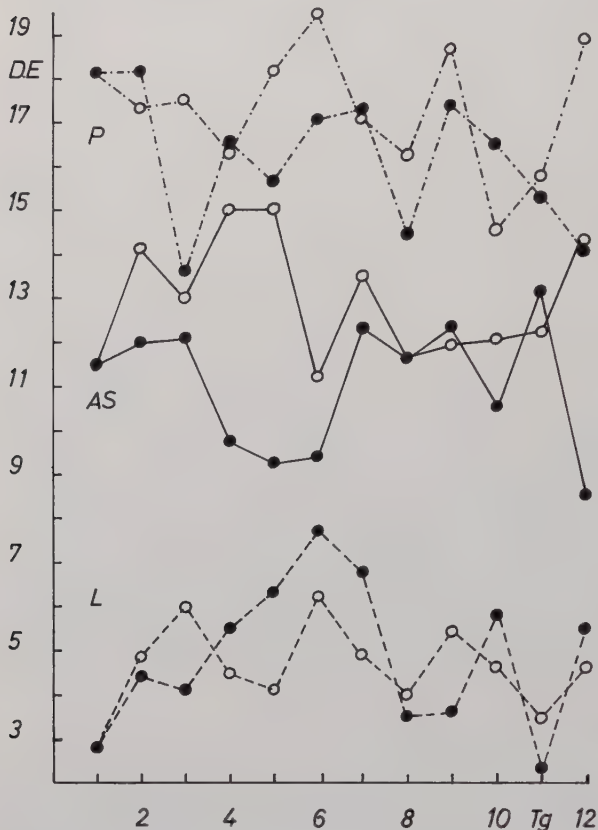


Abb. 4. Vergleich der relativen Konzentrationen von Aminosäuren (AS), Proteinen (P) und Lipiden (L) in der Haemolymphe zwischen Virgines (●) und kopulierten Weibchen (○)

Haemolymphe, Unterschiede zwischen begatteten Weibchen und Virgines zu erhalten (Abbildung 4).

Aminosäuren: Der Kurvenverlauf ergibt, daß sowohl für k. ♀ wie für V. ♀ kein charakteristischer Zyklus feststellbar ist. Ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Weibchentypen zeigt sich vor allem am 4./5. Tag, einer Phase, die für k. ♀ besondere Bedeutung als Vorbereitung des Organzuwachses besitzt.

Proteine: Im Gegensatz zur Aminosäurenkurve ist der Protein Spiegel der Haemolymphe bei k. ♀ durch einen dreitägigen Zyklus reguliert, wie er auch bei den Organengewichten bereits festgestellt wurde. Bei Virgines liegt die Proteinkurve generell unter derjenigen der k. ♀ mit Ausnahme des 10. Tages. Ein charakteristischer Zyklus ist nicht

nachweisbar, so daß der Ausfall der Kopula zu einem Verlust der normalen Periodizität führt.

Lipide: Die zyklische Regulation mit dreitägigen Perioden ist hier für die k. ♀ am deutlichsten ausgeprägt. V. ♀ zeigen diese Erscheinung nicht, bei ihnen deuten die hohen Konzentrationen vom 4. bis 7. Tag auf eine übersteigerte Lipidaktivität.

7.3. Fettkörper (Abbildung 5)

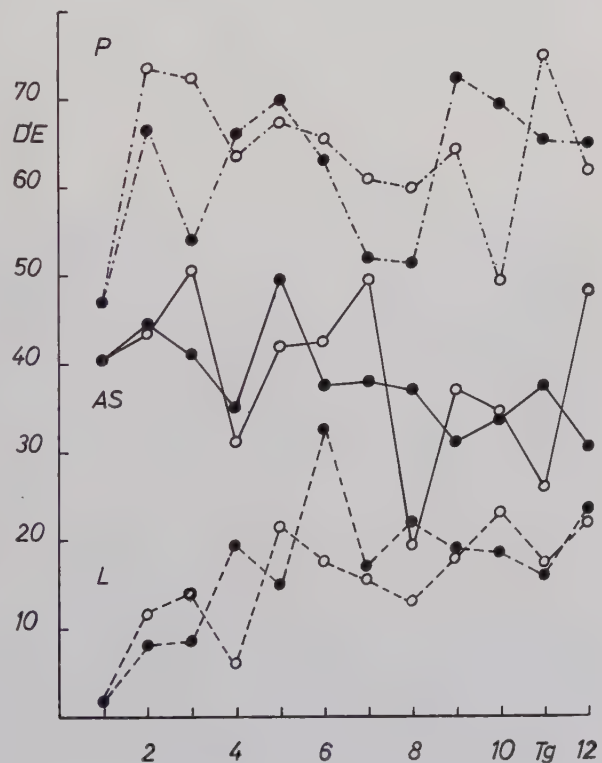
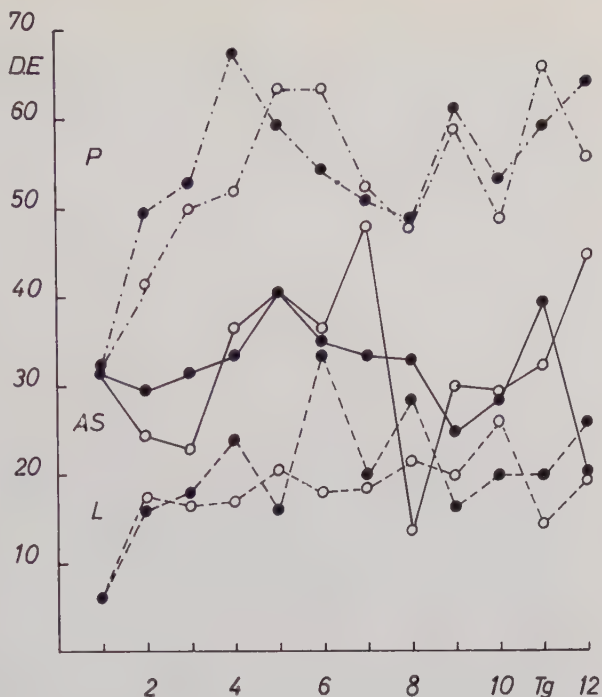
Aminosäuren: Im Fettkörper von k. ♀ ist nach einer Abnahme in den ersten 3 Tagen ein Anstieg bis zum doppelten Wert am 7. Tag auffallend. Der

große Konzentrationsverlust auf den 8. Tag steht vermutlich mit vermehrtem Aminosäurebedarf des Ovars während der ersten Eiablage in Zusammenhang. Anschließend steigt der Gehalt bis zur 2. Eiablage an. Im Gegensatz zu k. ♀ verläuft bei V. ♀ die Kurve bis zum 11. Tag in mittleren Meßbereichen und weist die extremen Schwankungen nicht auf. Dieser Verlauf belegt die geringere Beanspruchung des Intermediärstoffwechsels im Zusammenhang mit der schwachen Leistung der Eiproduktion bei V. ♀.

Proteine: Sowohl bei k. ♀ wie bei V. ♀ ist anfänglich ein starker Anstieg der Werte auffallend, in weitgehender Parallelität zur Zunahme des Körpergewichts und der Nahrungsretention. Der Unterschied besteht darin, daß k. ♀ die hohen Proteinwerte vom 5. zum 6. Tag beibehalten, während bei V. ♀

Abb. 5. Vergleich der relativen Konzentrationen von Aminosäuren (AS), Proteinen (P) und Lipiden (L) im Fettkörper zwischen Virgines (●) und kopulierten Weibchen (○)

Abb. 6. Vergleich der relativen Konzentrationen von Aminosäuren (AS), Proteinen (P) und Lipiden (L) im Ovar zwischen Virgines (●) und kopulierten Weibchen (○)



der Abfall früher einsetzt. Im weiteren Verlauf schwanken die Werte, bleiben aber bei beiden Weibchentypen auf hohem Niveau.

Lipide: Die Kurve von k. ♀ zeichnet sich durch auffällige Ausgeglichenheit aus. Für V. ♀ liegen die Werte bis zum 8. Tag durchschnittlich höher und die starken Schwankungen weisen wie bei der Haemolympe auf eine übersteigerte, nicht regulierte Lipidaktivität.

7.4. Ovar (Abbildung 6)

Aminosäuren: Im Ovar sind ähnliche Tendenzen im Kurvenbild wie beim Fettkörper feststellbar. Gegenüber dem ausgeglichenen Verlauf bei V. ♀ schwanken die Werte bei k. ♀ stark und zeigen auch hier vom 7. auf den 8. Tag die Extreme, bedingt durch die erste Eiablage.

Proteine: Nach starkem Anstieg bleiben die Werte bei k. ♀ auf hohem Niveau. Der Verlauf zeichnet sich mit Ausnahme des 10. Tages durch seine Regelmäßigkeit aus. Bei V. ♀ schwanken die Werte stark, so daß sich auch hier wieder eine mangelnde Regulation abzeichnet, bedingt durch den Ausfall der Kopula. Sehr bezeichnend ist, daß das durch Körpergewichtsmessungen ermittelte geringere Retentionsvermögen der V. ♀ deutliche Auswirkungen im durchschnittlichen Proteingehalt des Ovars aufweist.

Lipide: Mit Ausnahme des 4. Tages verläuft die Kurve nach anfänglich starkem Anstieg bei k. ♀ vom 5. bis 12. Tag auf dem erreichten Niveau. Wie beim Fettkörper zeigen V. ♀ vor allem vom 6. bis 8. Tag Tendenz zu höheren Werten. Somit ist beim Lipidgehalt der V. ♀ generell in Haemolympe, Fettkörper und Ovar eine deutliche Veränderung feststellbar, die sich in zeitweise übersteigertem und mangelhaft reguliertem Gehalt äußert.

7.5. Spezieller Einfluß: Apholate

Nachdem festgestellt worden ist, daß Apholate die normale Cerebralfunktion hemmt, war die Frage interessant, ob sich diese Störung auch auf die Regulation der Inhaltsstoffe in den einzelnen Organen von kopulierten Weibchen auswirke. Für Vergleichsuntersuchungen kamen der 4., 8. und 12. Tag in Frage, da zu diesen Zeitpunkten die Unterschiede zwischen kopulierten Weibchen und Virgines bei Standardernährung groß sind und sich demgemäß auch Einflüsse von Apholate auswirken müßten. (Tabelle 10).

In den ersten 6 Tagen nehmen Apholateweibchen konstant an Gewicht ab. In dieser Phase sind die Werte behandelter Tiere gegenüber Standard-

Tabelle 10

Veränderungen des Gehaltes von Grundstoffen in Organen und Haemolympe bei begatteten Weibchen nach Apholatebehandlung gegenüber Normaltieren

Tag	Haemolympe			Fettkörper			Ovar		
	AS	Prot.	Lip.	AS	Prot.	Lip.	AS	Prot.	Lip.
4	—	±	++	—	±	±	+	+	++
8	—	±	++	++	++	++	++	++	++
12	—	±	++	±	++	+++	—	++	+++

weibchen außer dem Lipidgehalt nicht wesentlich verändert. Nach Aufhebung der Gewichtsdepression erfolgt sodann eine starke Erhöhung aller Anteile im Fettkörper und Ovar. Die Abnahme der Aminosäurenkonzentration in der Haemolympe steht möglicherweise mit der vermehrten Proteinsynthese in Zusammenhang. Besonders auffallend ist die generelle Erhöhung des Lipidgehaltes unter Apholateeinfluß, die viel stärker ausgeprägt ist als die Lipidose bei Virgines. Diese Veränderungen sind deutliche Anzeichen, daß die Apholatebehandlung nicht nur eine gonadotrope Wirkung induziert, sondern daß viel umfassendere Einflüsse ausgeübt werden, die sich im Gesamtstoffwechsel auswirken und einen Hauptteil der Primärursache in der Störung der Neurosekretion besitzen.

7.6. Spezieller Einfluß der halbsynthetischen Diät

Bei kopulierten weiblichen Tieren, die mit der als günstig befundenen Diät Nr. 7 (S. 376) ernährt wurden, ergab die Prüfung der Inhaltsstoffe die in Tabelle 11 eingetragenen Veränderungen gegenüber Weibchen mit Standardernährung. Größere Unterschiede im Sinne eines vermehrten Substratgehaltes zeigten sich vor allem bei den Untersuchungen von Fettkörper und Ovar,

Tabelle 11

Vergleich des Gehaltes an Grundstoffen in Organen und Haemolympe bei begatteten Weibchen mit Diät- gegenüber Standardernährung

Tag	AS	Haemolympe Prot.	Lip.	AS	Fettkörper Prot.	Lip.	AS	Ovar Prot.	Lip.
4	—	±	—	+	+	±	++	±	+
8	+	—	++	++	++	+	++	+	+
12	±	—	++	++	+	++	++	++	±

während die Haemolympe gesamthaft gesehen eher eine Unterdotierung an freien nachweisbaren Stoffen aufweist.

Die teilweise Erhöhung des Lipidgehaltes deutet auf einen noch bestehenden Mangel der Diätzusammensetzung hin, jedoch sind die Unterschiede deutlich geringer als bei Apholateweibchen. Die günstigen Resultate der Eichzahlen mit Diät Nr. 7 belegen überdies, daß durch den Nahrungseinfluß keine Störung der hormonalen Regulation erfolgte. Der vor allem in der zweiten Lebenshälfte erhöhte Gehalt an nachweisbaren Inhaltsstoffen in den Organen steht möglicherweise mit einem größeren Angebot an physiologisch hochwertigen, leicht verfügbaren Stoffen der Diät Nr. 7 in Zusammenhang.

7.7. Kohlenhydrate

Im Vergleich zu Aminosäuren, Proteinen und Lipiden nehmen die Kohlenhydrate für die vorliegenden Vergleichsuntersuchungen einen untergeordneten Rang ein. So ergaben bei kopulierten Weibchen und Virgines diverser Altersstufen von total 120 Haemolympe-, Fettkörper- und Ovarproben nur $\frac{1}{10}$ mit dem p-Aminhippursäure/Phtalsäure-Reagens eine positive

Reaktion, ohne spezifische Häufung an bestimmten Tagen. Im Normalfall ergibt sich als Ausgangsbasis für den Kohlenhydratstoffwechsel ein Gehalt an Zuckern von 5–10 %, über 15 % erzeugen toxische Effekte. Für die Seltenheit einer positiven Reaktion in den Organen spricht einerseits das leistungsfähige Fermentsystem im Darmtrakt (S. 362) und andererseits die für die meisten phytophagen Insekten bekannte Leistung des intensiven Abbaus der Zucker zur Energiegewinnung. In gleichem Sinn ist das Resultat zu deuten, daß der Nachweis von Zuckern in den Exkrementen stets negative Ergebnisse zeitigte.

8. Diskussion

Bei den einzelnen Untersuchungsergebnissen konnte durch spezielle Versuchsanordnungen immer wieder gezeigt werden, daß Unregelmäßigkeiten und Abweichungen im normalen physiologischen Ablauf bei *Dysdercus*-Weibchen auf Störungen der zentralnervösen Leistungen der Neurosekretion beruhen müssen. Damit von den einzelnen Resultaten aus gesamthaft eine Interpretation ermöglicht wird, sind die voneinander abhängigen exogenen und endogenen Faktoren in einem Funktionsschema (Abb. 7) eingetragen.

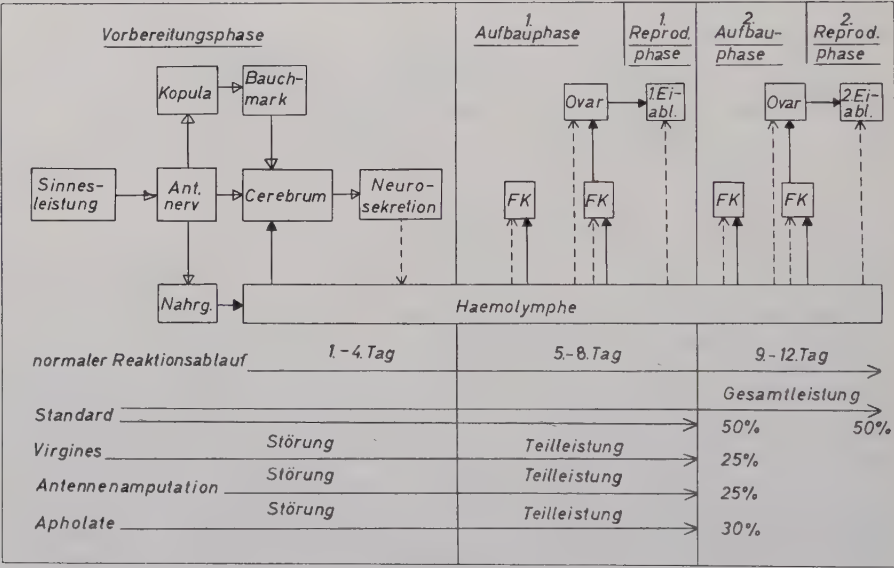


Abb. 7. Funktionsschema über die möglichen Zusammenhänge exogener und endogener Faktoren im Imaginalstadium der Weibchen

nervöser Impuls ——— Δ / Nährstoffeinfluß ——— $\blacktriangleright$ / neurosekretorischer Einfluß ——— $\rightarrow$

Im Adultstadium der Weibchen sind 3 charakteristische Abschnitte zu unterscheiden, die mit Vorbereitungsphase, 1. und 2. Aufbau- und Reproduktionsphase umschrieben werden können. In den ersten 4 Tagen erscheinen die Tiere bei Standardernährung äußeren Beeinflussungen gegenüber weitgehend

indifferent, da Körpergewicht und Exkretion keine nennenswerten Unterschiede bei verschiedenen Versuchsanordnungen erkennen lassen. Die Vorbereitungsphase ist aber insofern für den folgenden Reaktionsablauf von größter Wichtigkeit, da in dieser Zeit die Kopulation beginnt und als auslösender Faktor für die weitere Steuerung betrachtet werden muß. Es ist anzunehmen, daß die durch Kopula induzierten Impulse über das Bauchmark zum Cerebrum geleitet werden und dort die Neurosekretion anregen, die ihrerseits den Gesamtstoffwechsel zu regulieren beginnt. Aus der Verteilung der Inhaltsstoffe in Haemolympe und Organen geht hervor, daß schon in der Vorbereitungsphase unterschiedliche Tendenzen zwischen Virgines und begatteten Weibchen bei Standardernährung entstehen, die sich später noch stärker ausprägen. Parallel zu den Bauchmarkimpulsen ist die nervöse Erregung, die von den Antennen zum Cerebrum führt, für die hormonale Steuerung ebenfalls notwendig. Durch Antennenamputation lassen sich partielle Ausfallerscheinungen erzeugen, die sich auf Kopula und Stoffwechseldynamik auswirken.

Obwohl MADGE (1965) bei entfühlerten Weibchen keine negativen Auswirkungen auf die Reproduktion festgestellt hatte, ergaben die neu durchgeführten Untersuchungen, daß Antennenamputation zu einer 75-0/0-Reduktion der Eiablagen gegenüber Normalweibchen führt. Ein Vergleich zwischen den Ergebnissen aus den sinnesphysiologischen Untersuchungen, der Kopula und deren Verhinderung bei Virgines sowie der Ermittlungen über Eizahl läßt den Schluß zu, daß bei Ausfall der nervösen Impulse sowohl der Antennen als auch des Bauchmarks nur Teilleistungen erfolgen. Aus diesen Grundlagen ist ersichtlich, daß verschiedenartige Störungen in der Vorbereitungsphase bedeutende Leistungsverminderung in der 1. Aufbau- und Reproduktionsphase erzeugen. Die Verteilung der Grundstoffe zeigt bei experimenteller Störung einen unvollkommenen Reaktionsablauf, indem die Aufnahme der Nährstoffe in die Haemolympe, die Speicherung im Fettkörper sowie die Substratverschiebung zum Ovar gestört werden. So resultiert in beiden Fällen, bei Antennenamputation oder bei Verhinderung der Kopulation, eine Teilleistung von nur 25 % der Standardwerte, während normalerweise mindestens 50 % der Weibchen zu einer Gesamtleistung mit 2 Eiablagen befähigt sind. Die Vorgänge in der 1. Aufbauphase mit Substrataufbau im Fettkörper und Substratverschiebung zum Ovar (wie sie im Kap. 8 registriert wurden) sind für die Leistung in der Reproduktionsphase entscheidend. Nur auf diese Art resultiert die normalerweise typische 1. Eiablage vom 7./8. Tag für alle Weibchen und die Wiederholung des gleichen Geschehens vom 11./12. Tag für die Hälfte der Normaltiere.

Die Wirkung von Apholate unterscheidet sich von den experimentellen Versuchen mit entfühlerten Tieren und Virgines insofern, daß einerseits bis zur Reproduktionsphase die Nahrungsaufnahme gehemmt wird, andererseits in den Organen im Vergleich zu Virgines und begatteten Weibchen erhöhte Protein- und Lipidgehalte ermittelt werden. Daraus ergibt sich eine neue physiologische Gesamtsituation.

Die anfängliche Hemmung der Nahrungsaufnahme und der Kopulationshäufigkeit sowie die starke Erhöhung des Protein- und Lipidgehaltes in den Organen zeigt ähnliche Sachverhalte wie bei Primärwirkungen von Insektizideinflüssen mit ausgesprochener Nervenschädigung. Die Sekundärwirkungen sind jedoch zwischen Insektizid und Chemosterilantium stark unterschiedlich. Während bei Insektizidbehandlung Mortalität oder Resistenz mit

normaler Reproduktion resultiert, führt die Behandlung mit Apholate bei *Dysdercus-fasciatus*-Weibchen zu einer verringerten Eiproduktion (Reduktion um 70 %) und bei Männchen zu völliger Sterilität.

Aus den Unterlagen ist somit geklärt worden, daß für einen normalen Reaktionsablauf bis zur 2. Reproduktionsphase das Zusammenwirken der Faktoren in der Vorbereitungsphase von entscheidender Bedeutung ist, wobei die nervösen Leistungen bei ausreichendem Nahrungsangebot dominieren.

Zusammenfassung

1. Die Untersuchungen an der afrikanischen Baumwollwanze *Dysdercus fasciatus* konnte bei separat gehaltenen Versuchstieren, die einer Großzucht entnommen wurden, durchgeführt werden. Als Standardernährung gilt die Fütterung mit in Wasser gequollenen Baumwollsamensamen. Indem nur alle 2 Tage gefüttert wird, kann eine Beurteilung der Nahrungsaufnahme, des Gewichtszuwachses und der Retention erfolgen.
2. *Dysdercus fasciatus* als phytophage Species besitzt im Verhältnis zur Körpergröße einen sehr langen Darm, der vor allem bei weiblichen Tieren ausgeprägt ist. Die Fermentaktivität erstreckt sich im 1. Ventrikel auf Amylase, α -Glucosidase, α -Galaktosidase und Lipase, im 2. und 3. Ventrikel, die Symbionten im Darmlumen enthalten, werden Amylase, α -Glucosidase, α -Galaktosidase und Proteinase nachgewiesen. Die Speicheldrüsen enthalten Amylase und α -Glucosidase.
3. Auf Grund der Kenntnisse bei Standardernährung und des nachgewiesenen Fermentsystems im Verdauungstrakt werden Baumwollsamensamenextrakte und halbsynthetische Diäten in ihrer Wirkung auf Körpergewicht und Eiproduktion untersucht. Aus allen Variationen ergibt eine Diät mit Vollei, 5 % Bierhefe, 1 % Stärke, 3 % Saccharose, 2 % Raffinose, 0,05 % Inosit und 0,2 % Cholesterin die besten Resultate, wobei allerdings die Werte für Standardernährung nicht voll erreicht werden. Überhöhter Gehalt an Kohlenhydraten und Lipiden beeinträchtigen den Stoffwechsel, während bei Proteinen bis zu einem Gehalt von 15 % keine Limite nachweisbar ist. Cholesterin und Inosit, deren Dosierung von der Zusammensetzung der Diät abhängig ist, scheinen für *Dysdercus fasciatus* bei diätetischer Ernährung essentiell.
4. Unter verschiedenen Versuchsbedingungen werden Kopulationsdauer und Eizahl pro Weibchen innerhalb 12 Tagen ermittelt. Unter Standardbedingungen, bei einer durchschnittlichen Kopulationsdauer von 5 Tagen, produzieren mindestens 50 % der Weibchen 2 Eigelege. Antennenamputation oder Verhinderung der Kopulation (Virgines) verursacht eine Reduktion der Eiproduktion auf 25 %. Gleichermäßen verringert sich die Größe der Eigelege bei Behandlung mit dem Chemosterilantium Apholate auf 30 %.
5. Die Resultate aller Untersuchungen zeigen, daß Veränderungen der normalen Sinnesfunktionen (Antennenamputation) sowie die Verhinderung der Kopulation (Virgines) als auch der Einfluß von Apholate jeweils zu einer Störung der normalen Kopulationsbereitschaft, Nahrungsaufnahme und nervösen Steuerung führen. Der im Schema (Abb. 7) als Vorbereitungsphase bezeichnete Abschnitt des 1. bis 4. Tages im Imaginalstadium der Weibchen erscheint somit als Determination für die neurosekretorische

Leistung und nachfolgende Regulierung der für Ovarentwicklung und Ei-produktion notwendigen Stoffwechselprozesse.

Summary

1. The African cotton bug *Dysdercus fasciatus* is kept in a room with constant temperature of 27° C and rel. humidity of 85 %. Cotton seeds swollen in H₂O are used as a standard food. When fed only every second day, the estimation of feed consumption and of the increase of weight is facilitated.
2. It has been found that the enzyme activity of the first ventricle comprises amylase, α -glucosidase, α -galactosidase, and lipase. In the second and third ventricle, amylase, α -glucosidase, α -galactosidase, and proteinase have been detected. The salivary glands contain amylase and α -glucosidase.
3. The influence of extracts of cotton seed and semisynthetic diets upon body-weight and egg production has been investigated. A diet consisting of a whole hen's egg, supplemented with 5 % brewer's yeast, 1 % starch, 3 % saccharose, 2 % raffinose, 0,05 % inositol, and 0,2 % cholesterol gave amongst all diet-variations tested the best results; however, the values of the standard food have not been completely reached.
An increase of the carbohydrate and/or the lipid content of the diet depresses the normal processes of the reproductive cycle. On the other hand, enhancing the protein content up to 15 % has no effect. Cholesterol and inositol appear to be essential for dietic feeding of *Dysdercus*.
4. Amputation of the antennae or inhibition of copula (virgines) causes a reduction of the egg production to 25 %. Along the same line, Apholate reduces the egg production to 30 %.
5. Obviously both the changes in the nutrition and the interruptions of sexual activity disturb the neurosecretion. As illustrated in Fig. 7 the first four days in the imaginal stage of females are determinant for the neurosecretory processes which regulate the necessary metabolism for ovarian growth and egg production.

Literatur

- BAKER, F. D., and PARETSKY, D., 1958: Studies on the enzyme Lipase in the housefly. Arch. Biochem. Biophys. **77**, 328.
- BAPTIST, B. A., 1942: The morphology and physiology of the salivary glands of Hemiptera-Heteroptera. Quart. J. micr. Sci. **83**, 91-139.
- BUCHNER, P., 1953: Endosymbiose der Tiere mit pflanzlichen Mikroorganismen. Birkhäuser, Basel.
- CHAMBERLAIN, W. F., 1962: Chemical sterilization of the screw-worm. J. econ. Ent. **55**, 240-248.
- CHEFURKA, W., 1965: Intermediary Metabolism of Nitrogenous and Lipid Compounds in Insects. The physiology of insecta. Academic Press. New York and London.
- DAY, M. F., and WATERHOUSE, D. F., 1953: Insect Physiology. Wiley, New York.
- Documenta Geigy, 1956: Wissenschaftliche Tabellen. J. R. Geigy AG.
- ENGELMANN, F., 1957: Die Steuerung der Ovarfunktion bei der ovoviparen Schabe *Leuco-phaea maderae* (Fabr.). J. ins. Physiol. **1**, 257-278.

- FORD, J. B., 1962: Studies on the digestive processes of *Dysdercus fasciatus* Sign., Ann. appl. Biol. **50**, 355.
- GLASGOW, H., 1914: The gastric caeca and the caecal bacteria of the Heteroptera. Biol. Bull. **26**, 101-170.
- GORDON, H. T., 1959: Minimal nutritional requirements of the german roach, *Blattella germanica* L. Ann. N.Y. Acad. Sci. **77**, 290-351.
- HOFSTEE, B. H. J., 1951: Spectrophotometric Determinations of Esterases. Science **114**, 128-131.
- HOUSE, H. L., 1965: Digestion. The physiology of insecta. Academic Press, New York and London.
- IMMS, A. D., 1942: A General Textbook of Entomology. Methuen, London.
- KHAN, M. R., 1962: The morphology and cytology of the gut and associated structures in the cotton stainer *Dysdercus fasciatus* Sign. Ann. appl. Biol. **50**, 355.
- KRISHNA, S. S., and SAXENA, K. N., 1962. Digestion and absorption of food in *Tribolium castaneum*. Physiol. Zool. **35**, 66-78.
- LIEBERMANN, A., 1925: Korrelation zwischen den antennalen Geruchsorganen und der Biologie der Musciden. Z. Morph. Oekol. Tiere **5**, 1-97.
- LIPKE, H., and FRAENKEL, G., 1956: Insect nutrition. Ann. Rev. Entomol. **1**, 17-44.
- MADGE, D. S., 1965: The response of cotton stainers (*Dysdercus fasciatus* Sign.) to relative humidity and temperature, and the location of their hygroreceptors. Entomol. exp. et appl. **8** (2), 135-152.
- MC INDOW, N. E., 1933: Olfactory responses of blowflies, with and without antennae, in a wooden olfactometer. Il. agric. Res. **46**, 607-625.
- MUSTAFA, M., and NAIDU, M. B., 1964: Chemical sterilization of *Dysdercus cingulatus* F. (red cotton bug). Indian J. exp. Biol. **2**, 55-56.
- SAXENA, K. N., 1955: The hydrogen ion concentration and digestion of carbohydrates in *Dysdercus koenigii*. Naturwissenschaften **42**, 561.
- Digestion and absorption of carbohydrates in the alimentary canal of the red cotton bug *Dysdercus koenigii* F. (Heteroptera, Pyrrhocor.) Physiol. Zool. **31**, 129-138.
- SCHNEIDER, D., 1965: Neue Experimente zum Geruchsproblem. Sandorama, Juni, 22-23.
- SLÁMA, K., 1964: Hormonal control of haemolymph protein concentration in the adults of *Pyrrhocoris apterus* L. (Hemiptera). J. ins. Physiol. **10**, 773-782.
- SUTCLIFFE, D. W., 1963: The chemical composition of haemolymph in insects and some other arthropods, in relation to their phylogeny. Comp. Biochem. Physiol. **9**, 121-135.
- WEBER, H., 1954: Grundriß der Insektenkunde. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- WIESMANN, R., 1960: Untersuchungen über die Sinnesfunktionen der Antennen von *Musca domestica* L. im Zusammenhang mit dem Köderproblem. Mitt. d. Schweiz. entomol. Gesells. **33** (3), 121-154.
- WIGGLESWORTH, V. B., 1950: The Principles of Insect Physiology. Dutton, New York.

Curriculum vitae

Am 18. Dezember 1938 wurde ich, ALEXIS HERZOG, als Sohn von WALTER HERZOG, kaufm. Angestellter, und der AGATHE, geb. HIRSCHY, in Basel geboren. Mein Bürgerort ist Basel. Die Primarschule besuchte ich in Basel und trat 1950 in die Freie Evangelische Schule Basel ein, wo ich im Frühling 1958 die Maturität Typus A bestand. Im Sommersemester 1958 immatrikulierte ich mich an der Universität Basel, wo ich im Hauptfach Zoologie belegte und als Nebenfächer Botanik, Chemie und physiologische Chemie studierte. Ich besuchte die Vorlesungen und Praktika folgender Herren Professoren und Privatdozenten: K. BERNHARD, H. DAHN, H. ERLNMEYER, S. FALLAB, E. FLÜCKIGER, M. GEIGER-HUBER, P. HUBER, R. GEIGY, E. HANDSCHIN, H. NÜESCH, A. PORTMANN, T. REICHSTEIN, M. REIFF, W. STINGELIN, J. TOMCSIK, W. VISCHER. Seit dem Wintersemester 1962/63 war ich unter Leitung von Herrn PD Dr. M. REIFF mit meiner Dissertation beschäftigt.

